BEITRAEGE

ZUR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

ALS FESTGABE

CARL LUDWIG



ZUM 15. OCTOBER 1874

GEWIDMET

VON

SEINEN SCHUELERN.

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1874.

AM TAGE

DA VOR FÜNF UND ZWANZIG JAHREN

CARL LUDWIG

ALS ORDENTLICHER PROFESSOR DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

SEIN AMT ANGETRETEN HAT

BEGRÜSSEN DEN MEISTER

VOLL VEREHRUNG

UND DANKBARER ERINNERUNG AN FROHE FRUCHTBRINGENDE THÄTIGKEIT

IN DEN PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTEN

ZU

MARBURG, ZÜRICH, WIEN UND LEIPZIG

DIE

ZAHLREICHEN GENOSSEN

DER ARBEIT UND DES FESTES.



BEITRAEGE

ZUR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.



INHALTSVERZEICHNISS.



BEITRÄGE ZUR KENNTNISS DER VENENELASTICITÄT

VON

WILHELM BRAUNE.

Hierzu Tafel I u. II.

Bei den Versuchen über den Einfluss gespannter Fascien auf die Bewegung des Blutes in den Venen veranlasste die bekannte Erscheinung der Erschlaffung und Spannung der Gefässe bei Beugung und Streckung der Extremitätengelenke die Aufstellung der Frage, ob und in wieweit die Spannung und Erschlaffung eines Gefässrohrs an sich Einfluss auf die Bewegung der darin enthaltenen Flüssigkeit habe. Die Frage liess sich im Allgemeinen leicht beantworten. Ein in die Vena saphena oder cephalica eingebundenes offenes Glasrohr zeigte eine deutliche Aufwärtsbewegung des Inhaltes, wenn die Vene oberhalb durch directen Zug verlängert wurde; und die Erscheinung liess sich durch die Annahme erklären, dass mit der Verlängerung des Venenrohres nicht eine gleichmässige Verengung des Lumen verbunden sei, sondern dass die gespannten Wände dem äusseren Drucke einen Widerstand setzten und eine Volumsvergrösserung bedingten, welche dann eine Ansaugung erzeuge. Ein daraufhin construirtes Modell, bestehend aus einer Gummiröhre mit Ventilen, die nach einer Richtung spielten und in bestimmten Intervallen angebracht waren, bewies die Richtigkeit dieser Annahme. Es liess sich mittels dieses Rohres durch abwechselndes Ziehen und Nachlassen des Zuges an dem einen Ende Wasser soweit heben, dass es von dem eingetauchten unteren Ende die senkrecht gestellte Röhre passirte und oben überfloss. (Die Horvath'schen Bemerkungen über Kautschukelasticität [Centralblatt, 1873. No. 48] kamen mir erst später zu Gesicht).

Wir besitzen also in der Spannung einer Vene ein vorübergehend wirkendes Mittel zur Blutbewegung in derselben und können durch wiederholte Spannung und Erschlaffung das Venenblut in der Richtung der vorhandenen Klappen vorwärtstreiben.

Wenn sich nun auch beim lebendigen, sich bewegenden menschlichen Körper grosse Schwierigkeiten der Bestimmung entgegenstellen, wieviel auf dieses Moment

bei der Venenblutbewegung zu rechnen ist, da bei den Bewegungen der Körperabschnitte auch die Wirkung der Fascien und die Drucke der contrahirten Muskelmassen mit in Frage kommen, so ist doch nicht zu bestreiten, dass die Bewegungen, welche abwechselnd die Venenstämme anspannen und erschlaffen, durch dieses Moment blutbewegend wirken, und es erschien wünschenswerth, zunächst eine Anschauung darüber zu gewinnen, welche Stellungen des Rumpfes und der Glieder eine Spannung und welche eine Erschlaffung der Hauptvenen veranlassen.

Die *vena cava inferior* folgt den Streckungen und Beugungen der Wirbelsäule. Sie wird ausgedehnt bei Streckung des Rumpfes und zieht sich zusammen bei Beugung desselben nach vorwärts. Bei 4 Cadavern, die sich in horizontaler Rückenlage befanden, wurden Messungen an zuvor eingestochenen Nadeln angestellt; und zwar wurden hiebei das zwischen Nierenvenen und der Theilungsstelle in beide Iliacae gelegene Stück der Hohlvene benutzt.

	Nadeldistance bei horizontaler Rückenlage.	Nadeldistance bei Ueberstreckung.	Zunahme der Länge nach Procenten.	Gewicht, welches an derselben V. cava hängend eine gleiche proc. Verlängerung erzeugte.
Cad. I. (15 ann.) . . .	72 Mm.	86 Mm.	19,4	40 Gramm
Cad. II. (13½ ann.) . .	59 „	64 „	8½	9,5 „
Cad. III. (46 ann., Säufer)	76 „	80 „	5,2	10 „
Cad. IV. (40—50 ann.) .	83 „	96 „	15,6	19 „

Es zeigte sich also durchweg eine nicht unbeträchtliche Verlängerung der unteren Hohlvene bei starker Rumpfüberstreckung, und zwar nur von einer mittleren Lage aus gerechnet. Denn die Vornüberbiegung des Rumpfes, welche die entgegengesetzte Stellung bilden würde, war von einer sehr bedeutenden Verkürzung des Venenrohres begleitet, die sich aber wegen der herabsinkenden Leber schlecht messen liess, so dass von einer genaueren Bestimmung abgesehen ward.

Vena cava superior und *jugularis.* Da die Freilegung der Vena cava superior eine Zerstörung des Thorax und damit auch abnorme Beweglichkeit der Wirbelsäule bedingt haben würde, so ward nur die Vena jugularis dextra interna, die als directe Fortsetzung der Cava superior angesehen werden kann, gemessen.

	Nadeldistance bei horizontaler Kopflage.	Nadeldistance bei Hintenüberbiegung und Drehung des Kopfes.	Zunahme der Länge nach Procenten.	Gewicht, welches an derselben Jugul. hängend eine gleiche Verlängerung erzeugte.
Cad. I. (15 ann.) . . .	47 Mm.	56 Mm.	19,1	15—20 Gramm
Cad. III. (46 ann.) . .	55 „	60 „	9	4 „
Cad. IV. (40—50 ann.) .	52 „	58 „	11,5	15 „

An der *vena subclavia* und *axillaris* wurden keine Messungen vorgenommen; jedoch liess sich an den Venen, die von der Achselhöhle an bis über die erste Rippe hinweg zur Anonyma freigelegt wurden, leicht erkennen, dass beim Ausstrecken der Arme in horizontaler Richtung, so dass dieselben mit dem System der Hohlvenen in eine Frontalebene zu liegen kamen, eine Anspannung und Verlängerung von der Axillaris bis zur Vereinigung der beiden Anonymae eintrat, die sich noch steigerte, wenn die Arme in der zur Rumpfaxe rechtwinklig stehenden Drehungsebene so nach rückwärts bewegt wurden, dass die Hände sich hinter dem Rücken einander näherten. Eine Verkürzung der Vena subclavia trat ein, wenn die Arme nach aufwärts erhoben wurden, und eine noch stärkere Verkürzung zeigte sich, wenn die Arme herabhängend am Rumpfe vor demselben einander genähert wurden.

An der *vena cephalica* zeigte sich dasselbe Verhältniss der Spannung wie an der *basilica* und *mediana*. Das gesammte System wird gespannt und verlängert bei Streckung des Armes im Ellnbogengelenk und erschlafft bei Beugung. Die Erschlaffung wird so bedeutend, wenn man aus der rechtwinkligen Beugung in die spitzwinklige übergeht, dass die Venen sich falten und bogenförmig zusammenlegen. Dass in ähnlicher Weise sich die tiefen Armvenen dieser Gegend spannen und erschlaffen, lässt sich gut erkennen und auch aus dem Verhalten der Arterien schliessen, welche bei hochgradiger Beugung im Ellnbogengelenk sich bis zur Knickung falten und vollständig comprimiren lassen.

Die Messungen der Distance eingestochener Nadeln an der *vena cephalica dextra* am äusseren Rande des Biceps ergaben bei:

	Nadeldistance bei rechtwinklig gebeugtem Vorderarm.	Nadeldistance bei gestrecktem Vorderarm.	Zunahme der Länge nach Procenten.	Gewicht, welches an derselben Vena cephalica hängend eine gleiche procent. Verlängerung erzeugte.
Cad. III. (46 ann., Säufer)	98 Mm.	113 Mm.	15,3	2 Gramm
Cad. IV. (40–50 ann.) .	101 „	115 „	13,8	1—2 „
Cad. V. (50 ann.) . . .	94 „	106 „	12,7	1–2 „

D o r s a l f l e x i o n der Hand bedingt Entspannung der starken Venenstämme des Handrückens, welche die Hauptabflüsse für die Hand bilden, V o l a r f l e x i o n der Hand spannt sie stark an. Dasselbe gilt von den Fingern, wo ebenfalls die Hauptmasse des Blutes auf der Streckseite abgeführt wird.

Man erhält also für das Venensystem der oberen Extremität eine allgemeine Spannung, wenn mit geballter und im Handgelenk gebeugter Faust die Arme horizontal ausgestreckt und bei dieser Haltung in e i n e r Drehungsebene nach hinten bewegt werden; — und eine allgemeine Erschlaffung, wenn mit gestreckten Fingern

und dorsalflectirter Hand die im Ellnbogengelenk gebeugten Arme an den Thorax angelegt werden.

Die Venen der unteren Extremitäten, das System der Venae saphenae sowohl wie die Oberschenkelvene und Poplitaea werden im Allgemeinen gespannt, wenn man die Oberschenkel möglichst weit spreizt, womit eine Auswärtsrollung im Hüftgelenk, eine Streckung des Knie's und des Fusses verbunden ist. Beugung, Adduction und Einwärtsrollung des Oberschenkels, Beugung des Knie's und Beugung (Dorsalflexion) des Fusses bewirken eine allgemeine Erschlaffung der Hauptstämme.

Die Messungen an der *vena saphena magna dextra* in der Mitte des Oberschenkels bei halber Beugung im Hüftgelenke (um etwa 45°) des im Knie gestreckten Beines bei den Cadavern in horizontaler Rückenlage auf dem Tische gaben:

	Nadeldistance bei Beugung des gestreckten Beines im Hüftgelenk um 45°.	Nadeldistance des gestreckten Beines bei horizontaler Lage auf der Tischplatte.	Zunahme der Länge nach Procenten.	Gewicht, welches an derselben hängenden Vena saphena eine gleiche Verlängerung erzeugte.
Cad. I. (15 ann.) . . .	64 Mm.	77,5 Mm.	21	8 Gramm
Cad. II. (13½ ann.) . .	88 „	102 „	15,8	1—2 „
Cad. IV. (40—50 ann.) .	82 „	100 „	22	5 „
Cad. V. (58 ann.). . .	85 „	100 „	17,7	6—7 „

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Messungen ziemlich übereinstimmen, namentlich an den Stellen, wo eine ungefähr gleich grosse Bewegung (am Beine und am Arme) sich durch Abschätzung der Winkel ausführen liess; dass aber auch am Rumpfe die Messungen über die Dehnbarkeit der Jugularis und Vena cava inferior, wo man über den Grad der Wirbelsäulebiegung nur ganz ungefähre Anhaltepunkte gewinnen konnte, immerhin annähernd gleiche Resultate liefern. Es zeigt sich ferner, dass die hochgradigen Verlängerungen, welche man kaum erwarten konnte, nur relativ geringe Kräfte erfordern: denn aus den Beobachtungen, welche an denselben Venenstücken gemacht worden waren und in den beigefügten Tabellen niedergelegt sind, erkennt man, dass die Gewichte, welche gleiche procentische Verlängerung derselben Vene hervorbrachten, überraschend gering waren.

Die beiden Figuren auf Tafel I und II sollen die hier besprochenen Verhältnisse erläutern. Sie wurden auf Grundlage von Photographien, die vom lebenden Körper abgenommen wurden, angefertigt, und die Skelettheile nebst den Hauptvenenstämmen nach frischen Präparaten sowohl wie nach Messungen an älteren Injectionspräparaten hineingetragen. Die sehr schwierige Darstellung derartiger Ansichten, welche nicht nach einem und demselben Gegenstande angefertigt werden, die also auch nur approximative Richtigkeit haben können, wird bei der Beurtheilung in Rechnung zu ziehen sein. Ich habe hier die Pflicht, Herrn Foedisch für die

grosse Gewandtheit und Sorgsamkeit, mit der er seiner Aufgabe gerecht zu werden suchte, meinen Dank auszusprechen.

Die Darstellungen zeigen, dass die Stellung des Körpers bei möglichst erschlafftem Venensystem an die Haltung des Embryo erinnert und dass die Stellung, bei der das Venensystem im Allgemeinen möglichst stark gespannt wird, der Haltung entspricht, welche man unwillkürlich einnimmt, wenn man nach längerer Arbeit am Schreibtische sich aufrichtet und ausdehnt. Es ist also anzunehmen, dass derartige Streckungen und Dehnungen des Rumpfes und der Extremitäten beschleunigend auf die durch hockendes Sitzen gestörte Venencirculation wirken, und zwar neben der Wirkung der Muskeln und Fascien durch die allgemeine Spannung der grossen Venenschläuche. Es braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden, dass natürlich bei der einen Körperstellung neben der Venenanspannung eine Inspirationsstellung des Thorax auftritt, die ihren Einfluss auf die Venencirculation ebenfalls geltend macht; dass bei der anderen Stellung mit erschlafftem Venensystem der Thorax sich in Exspirationsstellung befindet.

Die Ansaugung, welche nach dem Eingangs beschriebenen Versuche durch Dehnung eines elastischen Schlauches gegeben wird, bedingt natürlich ungestörtes Eintreten der Flüssigkeit nur dann, wenn der in Freiheit gesetzte atmosphärische Druck nicht das Lumen der Röhre wesentlich zu verengen im Stande ist. Und dieser Störung wird vorgebeugt durch die Anheftung der Vena cava am Foramen quadrilaterum des Zwerchfells, des Venenwinkels an der mittleren Halsfascie, und der übrigen Venenstämme durch besondere Einrichtungen und Anheftungen an Nachbarorgane, zum Theil auch durch die zahlreichen einmündenden Seitenäste. Am Halse und am Oberschenkel sichern der m. sternocleidomastoideus und sartorius die darunter liegenden Venen vor einer solchen Compression.

Die beträchtliche und unerwartete Dehnung, welche durch die verschiedenen Körperstellungen bedingt wird, lud ein, die Elasticitätsverhältnisse der Venen, die bisher noch wenig erforscht waren, einer Untersuchung zu unterziehen.

Die ersten Notizen über Venenelasticität fand ich bei Haller. Nach den Angaben von Haller (Elementa Physiologiae corporis humani, Lausannae 1757, T. I. p. 70. 126) untersuchte Clifton Wintringham die Zerreissbarkeit der Gefässe durch Einführung von Flüssigkeiten, und bestimmte auch ihr specifisches Gewicht. Er fand, „dass die Dichtigkeit der Venen trotz der Schwäche ihrer Wandungen grösser sei, als die der Arterien; das specifische Gewicht der Vena cava verhielt sich zu dem der Aorta bei einem jungen Manne wie 26 zu 25; ferner dass die Dichtigkeit mit dem Alter abnehme, während die der Arterien wachse.“

„Die Venen sind nach diesen Bestimmungen bedeutend ausdehnbarer als die Arterien und tragen bedeutend grössere Gewichte, ehe sie zerreissen, als letztere.“

Stephan Hales sah, dass eine Vena jugularis den Druck einer Wassersäule von 175 Fuss Länge ertrug, ohne zu zerreissen, dass eine viel dickwandigere Carotis durch einen Druck von 190 Fuss Wasser zerrissen wurde.

Wintringham beobachtete, dass eine Vena cava erst beim Gewicht von 176¼ Pfund zerriss, die daneben liegende Arterie schon beim Gewicht von 158 Pfund 11 Unzen; so dass sich die Widerstandsfähigkeit der Vene zu der der Arterie wie 1110 zu 1000 verhielt.

„Die Venenstämme unter der Vena cava zeigten eine noch grössere Festigkeit. Die der Vena iliaca zu der der Arteria iliaca (bei einem Weibe) verhielt sich wie 1034 zu 1000. Die Widerstandsfähigkeit der Vena portae eines Schafes, welche den Druck von fast 5 Atmosphären aushielt, verhielt sich zu der der Aorta wie 1414 zu 1000. An den Nieren und Milzgefässen zeigte sich dagegen ein anderes Verhalten, die Widerstandsfähigkeit der Nierenvene verhielt sich zu der der Arterie wie 1000 : 4088, die der Milzvene zu der der Milzarterie wie 1000 : 4336."

Nach langer Pause folgten diesen Untersuchungen, über die ich mir, da ich sie nicht im Originale vor mir hatte, keine Kritik erlaube, die Elasticitätsbestimmungen thierischer Gewebe von Wertheim (Annales de Chimie et de Physique, III. Série. Tom. 21. 1847. p. 385), welche als Hauptresultate ergaben, dass die weichen thierischen Organe (Muskeln, Gefässe etc.) eine sehr starke elastische Nachwirkung zeigen, die sich mit dem Eintrocknen vermindert, und dass die Verlängerungen, namentlich die der Venen, nicht proportional den angehängten Lasten wachsen, wie die der festen Körper, sondern mit den stärkeren Gewichten rapide abnehmen. Trägt man auf die Abscisse der Belastungen die Verlängerungen als Ordinaten auf, so erhält man eine Curve, welche nicht eine gerade, sondern eine der Hyperbel nahestehende Linie bildet. Auch Wertheim fand, dass das specifische Gewicht der Venen mit dem Alter sich mindert, ebenso die Cohäsion; während das specifische Gewicht der Arterien mit dem Alter wächst.

Leider hat Wertheim nicht an frischem Material operirt, und bei seinen Beobachtungen die elastische Nachwirkung, trotzdem er sie kannte, nicht genügend berücksichtigt, so dass Wundt (Die Lehre von der Muskelbewegung, 1858, p. 17) sich veranlasst sah, Beobachtungen an frischen Venen anzustellen, die möglichst lang herausgeschnitten wurden, bei denen er die elastische Nachwirkung und den zeitlichen Verlauf der Dehnungen hauptsächlich beobachtete. Er fand, dass Belastungen eines noch in Bewegung begriffenen Körpers nicht den gleichen Effect hervorbringen wie Belastungen eines ruhenden; dass also z. B. trotz eines angehängten Gewichtes die Verkürzung des kurz zuvor entlasteten Körpers noch weiter gehen kann, wenn derselbe noch in der Zusammenziehung begriffen ist. Der zeitliche Verlauf der Verkürzungen entspricht nur dann vollständig dem

der Verlängerungen, wenn der Körper durch die Belastung *vollständig* die derselben entsprechende Länge erreicht hat. *Bleibende* Dehnungen sind wegen der langen Zeit, die die Beobachtung erfordert, sehr schwierig zu bestimmen. Die Verlängerung kann bei gleichem Gewicht in gleicher Zeit eine verschiedene sein, da sie auch abhängig ist von der Dehnung, welche der Körper durch vorhandene Belastung bereits erreicht hat. Auch hier handelt es sich aber nur um eine Zeitfrage; die *endliche* Grösse der elastischen Dehnung ist die gleiche, zu welcher schon vorhandenen Spannung sie hinzutreten mag. Nur ist es bei der Veränderlichkeit der thierischen Gewebe nicht möglich, die endliche Grösse der Dehnung abzuwarten.

Wundt stellte deshalb ausserdem noch eine Reihe von Bestimmungen an, wo er die Dehnung stets von einer und derselben Gleichgewichtslage aus beobachtete, also nicht successiv belastete, sondern den Körper nach jener Belastung wieder entlastete und ihn möglichst in seine frühere Länge zurückkehren liess. Er fand, dass bei geringen Belastungen die Verlängerungen den *dehnenden Gewichten nahezu proportional sind*, die Curve der Dehnungen also nicht eine Hyperbel, sondern eine gerade Linie bildet. *Nahezu dasselbe Resultat ergaben meine Untersuchungen, die nach gleichem Princip angestellt wurden, bei einer Belastung von nur wenigen Grammen* (Cad. I. A., Cad. II. B., Cad. IV. D). — Die Betrachtung meiner aufgezeichneten Curven zeigt, dass dieselben anfangs mit ziemlich gerader Linie beginnen und erst weiterhin bei stärkerer Belastung eine gegen die Abscisse concave Curve bilden.

Es erschien mir aber wünschenswerth, nicht blos mit kleinen Gewichten zu operiren, sondern mit den Belastungen so lange zu steigen, bis die momentane Verkürzung nach erfolgter Entlastung zur ursprünglichen Grösse nicht mehr führte; um die Grösse der Kräfte kennen zu lernen, welche ohne Schaden auf die Venen einwirken können. Ich setzte daher die Belastung (immer mit nachfolgender Entlastung vor jeder neuen Gewichtsvermehrung) so lange fort, als *nach jener Entlastung die elastisch ausgedehnte Vene auf ihre ursprüngliche Grösse zurückgekehrt war*. Da es darauf ankam, eine Veränderung des Gewebes durch Eintrocknung möglichst zu vermeiden, so richtete ich mich so ein, dass ich möglichst schnell belastete und entlastete, also die Versuche auf kurze Zeit reducirte und die Eintrocknung durch Aufpinseln von Wasser und in einigen Fällen von Blutserum möglichst zu verhindern suchte.

Es ergab sich dabei, dass bei weiter gehender Belastung die Verlängerung des Gefässes mit der Zunahme von Gewichten nicht mehr gleichen Schritt hielt, sondern rapide abnahm, so dass die *anfänglich ziemlich geradlinig aufsteigenden Curven später gegen die Abscisse concav weiter* verliefen.

Von *grossen* Venenstücken sah ich ab, um möglichst cylindrische Stücke zu erhalten und den Einfluss des eigenen Gewichts der Vene auf deren Verlängerung

möglichst auszuschliessen. Ebenso trieb ich bei den Bestimmungen die Messung nicht ins Feinste, weil man an jeder auch noch so sorgfältig präparirten Vene doch eine Menge von Zellgewebe sitzen hat, so dass man von einem gleichmässig gewebten Organe nicht reden kann. Dieser Grund bestimmte mich auch, von einer Bestimmung des specifischen Gewichtes und von einer Berechnung des Elasticitäts-coefficienten abzusehen, da schon die genaue Bestimmung der Länge eines heraus-geschnittenen Venenstückes Schwierigkeiten findet.

Ausser der Form der Curve, welche den Gang der momentanen Verlängerungen bei verschiedenen Belastungen darstellt, ergibt sich aus meinen Versuchen, dass die Elasticität normaler Venen selbst bei grossen, aber kurz dauernden (1/4 Min.) Belastungen eine *vollkommene* bleibt. Man konnte die *saphena* in einem Falle mit 1000 Gramm belasten (Cad. I. A.), ohne dass dadurch eine bleibende Verlängerung, sowie eine dauernde Gewebsveränderung hervorgebracht worden wäre. Freilich betraf diese Dehnung ein jugendliches Individuum, während bei einem 46jährigen Manne (Säufer) (Cad. III. A.) schon bei 75 Gramm, und bei einem 58jährigen an Tuberculose verstorbenen Manne schon bei 6 Gramm sich die Vene nicht mehr schnell auf ihre frühere Grösse zurückzog.

Die *cephalica* zog sich nach 5 Minuten auf die ursprüngliche Grösse zurück, selbst noch bei einer Belastung von 15 Gramm bei einem 46jährigen Manne (Cad. III. D.); — bei einem 58jährigen (Cad. V. D.) trat schon nach 3 Gramm Belastung die Forderung einer längeren Zeit zur Zusammenziehung auf.

Die *cava inferior* behielt ihre vollkommene und schnell wirkende Elasticität bei noch 500 Gramm Belastung an einem Knaben von 15 Jahren (Cad. I. B.); an einem 46jährigen Manne jedoch nur bei bis 10 Gramm gehender Belastung (Cad. III. B.).

Die *jugularis interna* vertrug bei dem Knaben (Cad. I. C.) 300 Gramm, bei einem normalen Manne bis 39 Gramm (Cad. IV. C.), bei einem 46jährigen Manne (Säufer) nur 5 Gramm, um sich nach der Entlastung auf die frühere Grösse sofort wieder zu retrahiren.

Als wir die Grösse (d. h. die Verlängerung) der Elasticität, soweit sie noch vollkommen bleibt, an den einzelnen Venen bestimmten, so zeigte sich eine Ausdehnung der *vena saphena magna*:

bei einem Knaben von 15 Jahren	(Cad. I. A.)	um 61,1	Proc.
„ „ „ „ 13 1/2 „	(Cad. II. A.)	„ 91,3	„
„ „ 46jährigen Manne	(Cad. III. A.)	„ 46	„
„ „ 58 „ „	(Cad. V. A.)	„ 5,6	„

Die *cephalica* liess sich verlängern unter gleichen Verhältnissen:

bei einem 58jährigen Manne (Cad. V. D.)	um 16,2	Proc.
„ „ normalen Manne mittleren Alters (Cad. IV. D.) .	„ 51,4	„

Die *jugularis interna:*

bei einem Knaben von 15 Jahren	(Cad. I. C.)	um 47,4	Proc.
„ „ 46jährigen Manne (Säufer)	(Cad. III. C.)	„ 10	„
„ „ Manne mittleren Alters	(Cad. IV. C.)	„ 43,4	„
„ „ 58jährigen Manne	(Cad. V. C.)	„ 5,6	„

Die *vena cava inferior:*

bei einem Knaben von 15 Jahren	(Cad. I. B.)	um 32,4	Proc.
„ „ „ „ 13½. „	(Cad. II. B.)	„ 45,9	„
„ „ 46jährigen Manne	(Cad. III. B.)	„ 5,2	„
„ Manne mittleren Alters	(Cad. IV. B.)	„ 40	„

Der Vollständigkeit halber wollen wir noch die Frage der elastischen Nachwirkung berühren. Schon Wundt hat darauf aufmerksam gemacht, dass derartige Untersuchungen an thierischen Organen, die stark wasserhaltig sind, wie die Venen, nicht mit Sicherheit gemacht werden können, weil man wegen der Eintrocknung, welche die Elasticität der Venen sehr stark verändert, nicht auf unbegrenzte Zeit hinaus die Beobachtung fortsetzen kann. Nun habe ich zwar versucht, in einigen Fällen durch Benetzen der Vene mit Wasser, in anderen durch Anwendung von Blutserum diesem störenden Einflusse zu begegnen, indess liess sich doch die Beobachtung nicht so weit ausdehnen, als zur Gewinnung wirklich exacter Resultate nothwendig gewesen wäre. Die Beobachtungen am Cad. I. B., Cad. II. A., Cad. III. A., D. geben zwar einige Anhaltepunkte und zeigen, dass bei den grösseren Belastungen ein Moment eintrat, wo die Vene nach der Entlastung nicht unmittelbar zur früheren Länge zurückkehrte, sondern eine Verkürzung gewinnt, bei der sie einige Zeit beharrt, um dann erst sehr allmählich zur ursprünglichen Länge sich zusammenzuziehen. Die Zeit, die dazu nöthig ist, wird mit der zunehmenden Belastung immer grösser. Endlich wurde die Zusammenziehung auf die ursprüngliche Länge gar nicht mehr beobachtet und damit die Beobachtungsreihe abgebrochen. Jedoch möchte ich nicht behaupten, dass damit eine bleibende Dehnung, also auch eine Zerstörung des Gewebes wirklich constatirt war. Es hätte eine Beobachtung viel länger fortgesetzt werden müssen, um dies festzustellen. Es war aber durch dies Moment ein Termin gegeben, bis zu dem hin die Beobachtungen verwerthbar blieben, weil bis dahin ein vollständiges Zurückziehen der Vene auf ihre ursprüngliche Länge constatirt war.

Cadaver I.

Der Leichnam kam frisch zur Untersuchung und zeigte keinerlei Abnormitäten. Der Knabe war 15 Jahre alt, als er sich durch Erhängen das Leben nahm.

Die Venen wurden so sorgfältig frei präparirt, als nur möglich war, und dabei vor Dehnung oder Zerrung möglichst geschützt, nie mit der Pincette selbst gefasst, um jede Quetschung zu vermeiden. Nachdem an den einzelnen Venen die oben erwähnten Nadelbestimmungen gemacht worden waren, wurden sie in der Nähe der eingestochenen Nadeln abgeschnitten, so dass das darin enthaltene Blut zum grössten Theil abfloss. Die beiden Enden wurden nun auf cylindrische Stopfen von Lindeholz aufgebunden, von einer solchen Stärke, dass die Einschiebung in die Vene leicht von Statten ging. Die Stöpsel enthielten Rinnen, namentlich eine in unmittelbarer Nähe des Randes, so dass nach Anlegung von 3 Ligaturen kaum eine Verschiebung des aufgebundenen Venenstückes stattfinden konnte. Der obere Stöpsel wurde an eine Oese angehakt, während der untere frei hing und die angehängten Gewichte mittels eines feinen Häkchens trug. Die Gewichte waren mit feinen Seidenfadenschlingen versehen, deren Gewicht ausser Betracht gelassen werden konnte. Die Verlängerung wurde direct abgelesen an ganz kurzen Nadelspitzen, die in die Holzstöpsel ausserhalb der Vene eingetrieben waren. Das Ablesen geschah an einem unmittelbar an die Nadelspitzen gehaltenen Maassstab. Um die Fehler der Parallaxe zu vermeiden, wurde die Visirlinie durch mehrere in einer Horizontalebene angebrachte Nadeln, die sich bei der Ablesung decken mussten, gesichert. Durch Aufpinseln von Blutserum ward die Vene vor dem Eintrocknen bewahrt. Die Belastung dauerte 10 bis 15 Secunden, ebenso lange ungefähr die Entlastung und Ablesung. Diese Zeit ist also in Rechnung zu bringen, da wo für die Zeit Null angegeben ist. Ausserdem ist das Gewicht des unteren Stöpsels bestimmt, welches zu jeder Belastung noch hinzuzurechnen ist.

A. Vena saphena magna dextra.

Die Vene enthielt wenig Blut, und wurde während der Beobachtung durch Aufpinseln von Blutserum feucht erhalten. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 0,35 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,35 Gramm Stöpselgew.)	60	0	0 Mm.		100 Mm.	
1	62	2	2	5,4	103,8	60
2	65	3	5	13,5	108,3	60
3	66	1	6	16,2	109,9	60
4	68	2	8	21,6	113,2	60
5	69	1	9	24,3	114,9	60
6	70	1	10	27,0	116,5	60
7	71,5	1,5	11,5	31,1	119	60
8	73	1,5	13	35,1	121,5	60
9	74	1	14	37,8	123,1	60
10	75,5	1,5	15,5	41,9	125,6	60
11	76,5	1	16,5	44,6	127,3	60
12	77,7	1,2	17,7	47,8	129,2	60
13	79	1,3	19	51,3	131,1	60
14	80	1	20	54,1	133	60
15	81	1	21	56,8	134,7	60
16	81,5	0,5	21,5	58,1	135,5	60
17	82	0,5	22	59,5	136,3	60
18	83,5	1,5	23,5	63,5	138,8	60
19	84	0,5	24	64,9	139,6	60
20	85	1	25	67,6	141,3	60
25	87	2	27	73,0	144,6	60
30	88	1	28	75,7	146,1	60
35	90	2	30	81,1	149,5	60
40	90	0	30	81,1	149,5	60
50	91	1	31	83,9	151,2	60
60	91,5	0,5	31,5	85,1	152	60
70	91,5	0	31,5	85,1	152	60
80	92	0,5	32,0	86,5	152.9	60
90	92,5	0,5	32,5	87,8	153,6	60,5 nach 2 Min. 60
100	93	0,5	33	89,2	154,5	60,5 „ 2 „ 60
150	93,5	0,5	33,5	90,5	155,3	60,5 „ 2 „ 60
200	93,5	0	33,5	90,5	155,3	60,5 „ 2 „ 60
300	94,25	0,75	34,25	92,6	156,6	60,5 „ 2 „ 60
400	95	0,75	35	94,6	157,8	60,5 „ 2 „ 60
500	96	1	36	97,3	159,4	60,5 „ 2 „ 60
1000	97	1	37	100,0	161,1	61 „ ? „ 60

B. Vena cava inferior.

Die Vene enthielt nur wenig Blut, nachdem sie auf die Stöpsel aufgebunden war. Sie ward während der Beobachtung durch Blutserum feucht erhalten. Das Verfahren war dasselbe wie bei A. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 2,8 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung
0 (2,8 Gramm Stöpselgew.)	68		0 Mm	0		
1	69	1	1	3,7	101,5 Mm.	68
2	70	1	2	7,4	102,9	68
3	70	0	2	7,4	102,9	68
4	71	1	3	11,1	104,4	68
5	71,5	0,5	3,5	13,0	105,1	68
6	72	0,5	4	14,8	105,9	68
7	72,5	0,5	4,5	16,7	106,6	68
8	73,25	0,75	5,25	19,4	107,7	68
9	73,5	0,25	5,5	20,4	108,1	68
10	74	0,5	6	22,2	108,8	68
15	76	2	8	29,6	111,8	68
20	78	2	10	37,0	114,7	68
25	78,5	0,5	10,5	38,9	115,4	68
30	80	1,5	12	44,4	117,7	68
40	81	1	13	48,1	119,1	68
50	82	1	14	51,9	120,6	68,5 nach 2 Min. 68
70	82	0	14	51,9	120,6	69 „ 2 „ 68
100	85	3	17	63,0	125,0	69 „ 3 „ 68
150	86	1	18	66,6	126,5	69 „ 3 „ 68
200	86	0	18	66,6	126,5	69 „ 3 „ 68
500	90	4	22	81,5	132,4	70 „ $3^1/_2$ „ 68
1000	91	1	23	85,2	133,8	71 „ — „ —
1500	95	4	27	100,0	139,7	72 „ 6 „ 72
						„ 15 „ 71
						„ 30 „ 71

C. Vena jugularis interna dextra.

Gleiches Verfahren wie bisher. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 1 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (1 Gramm Stöpselgew.)	39	0	0 Mm.	0	100 Mm.	39
1	40	1	1	4,8	102,6	39
2	40	0	1	4,8	102,6	39
3	41,5	1,5	2,5	12,0	106,4	39
4	41,5	0	2,5	12,0	106,4	39
5	42	0,5	3	14,3	107,7	39
6	42	0	3	14,3	107,7	39
7	42	0	3	14,3	107,7	39.
8	43	1	4	19,0	110,2	39
9	43	0	4	19,0	110,2	39
10	43	0	4	19,0	110,2	39
15	45	2	6	28,6	115,3	39
20	47,5	2,5	8,5	40,5	121,8	39
25	49	1,5	10	47,6	125,6	39
30	50	1	11	52,4	128,2	39
40	51	1	12	57,1	130,8	39
50	51,5	0,5	12,5	59,5	132,0.	39
60	52	0,5	13	61,9	133,3	39
70	53	1	14	66,7	135,9	39
80	54	1	15	71,4	138,4	39
90	54	0	15	71,4	138,4	39
100	54,5	0,5	15,5	73,8	139,7	39
125	54,5	0	15,5	73,8	139,7	39
150	54,5	0	15,5	73,8	139,7	39
200	56	1,5	17	81	143,5	40 nach 2 Min. 39
300	57,5	1,5	18,5	88,1	147,4	40 „ 5 „ 39
400	60	2,5	21	100	153,8	41 „ 8 „ 41

Cadaver II.

Der zweite Cadaver, welcher für die Untersuchung benutzt werden konnte, kam ebenfalls noch in frischem, gut brauchbarem Zustande auf die Anatomie (die Zeit des Todes war nicht zu ermitteln). Es war der Körper eines 13 ½ jährigen Knaben, der nirgends Abnormitäten zeigte. Die Behandlung war ganz die gleiche wie bei Cadaver I.

A. Vena saphena magna dextra.

Die Vene ward während der Beobachtung mit Blutserum benetzt. Das Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken betrug 0,1 Gramm.

Belastung in Gramm	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,1 Gramm Stöpselgew.)	46	0	0 Mm.	0	100 Mm.	46
1	51	5	5	10,9	110,9	46
2	54	3	8	17,4	117,4	46
3	57,5	3,5	11,5	25,0	125,0	46
4	61,5	4	15,5	33,7	133,7	46,5 nach 1 Min. 46
5	63	1,5	17	37,0	137,0	46,5 „ 2 „ 46
6	65	2	19	41,3	141,3	46,5 „ 2 „ 46
7	66,5	1,5	20,5	44,6	144,6	47 „ 4 „ 46
8	69	2,5	23	50	150,0	47 „ 3 „ 46
9	70	1	24	52,2	152,2	47 „ 4 „ 46
10	72	2	26	56,5	156,5	47 „ 4 „ 40
11	72,5	0,5	26,5	57,6	157,6	47 „ 4 „ 46
12	74	1,5	28	60,9	160,9	47 „ 4 „ 46
13	74,5	0,5	28,5	61,9	161,9	47 „ 5 „ 46
14	75	0,5	29	63	163	47 „ 6 „ 46
15	76	1	30	65,2	165,2	47 „ 6 „ 46
20	78	2	32	69,6	169,6	48 „ 15 „ 46
25	81	3	35	76,1	176,1	47 „ 10 „ 46
30	81	0	35	76,1	176,1	47 „ 12 „ 46
35	81,5	0,5	35,5	77,2	177,2	47 „ 17 „ 46
40	83	1,5	37	80,4	180,4	47 „ 15 „ 46
50	84	1	38	82,6	182,6	47 „ 15 „ 46
100	86	2	40	87	187,0	48 „ 15 „ 46
200	88	2	42	91,3	191,3	48 „ 15 „ 46
500	92	4	46	100	200,0	49

B. Vena cava inferior.

In gleicher Weise behandelt. Auch hier ward die Vene mit Serum benetzt. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 1,6 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (1,6 Gramm Stöpselgew.)	37	0	0 Mm.	0	100 Mm.	
1	38	1	1	3,4	102,7	37
2	39	1	2	6,9	105,4	37
3	40	1	3	10,3	108,1	37
4	41	1	4	13,8	110,8	37
5	42	1	5	17,2	113,5	37
6	43	1	6	20,7	116,2	37
7	44	1	7	24,1	118,9	37
8	44	0	7	24,1	118,9	37,5 nach 3 Min. 37
9	45	1	8	27,6	121,6	38 „ 3 „ 37
10	45	0	8	27,6	121,6	38 „ 4 „ 37
15	47,5	2,5	10,5	36,2	128,4	38 „ 4 „ 37
20	49	1,5	12	41,4	132,4	38 „ 4 „ 37
30	50	1	13	44,8	135,1	38 „ 4 „ 37
40	51	1	14	48,3	137,8	38 „ 4 „ 37
50	52	1	15	51,7	140,5	38 „ 4 „ 37
60	53	1	16	55,2	143,2	38 „ 5 „ 37
70	53	0	16	55,2	143,2	38 „ 5 „ 37
80	53	0	16	55,2	143,2	38 „ 5 „ 37
100	54	1	17	58,6	145,9	38 „ 5 „ 37
500	57	3	20	69,0	154,1	40 „ 8 „ 38
1000	60	3	23	79,3	162,2	40 „ 5 „ 38
1500	62	2	25	86,2	167,6	40
2000	66	4	29	100,0	178,4	41

Cadaver III.

Der Cadaver III. wurde 7 Stunden nach dem Tode untersucht. Es war ein 46 Jahre alter Mann (Säufer), der hochgradigen Ascites und eine alte Schenkelfractur hatte. Die Ausführung der Beobachtungen geschah in völlig gleicher Weise wie bei den vorher behandelten Cadavern. Nur ward hier die Vena saphena von der linken Seite genommen, weil rechts eine Schenkelfractur vorhanden war.

A. Vena saphena magna sinistra.

Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 0,1 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,1 Gramm Stöpselgew.)	60	0	0 Mm.	0	100 Mm.	60
1	61,5	1,5	1,5	4,4	102,5	60
2	63	1,5	3	8,8	105,0	60
3	64	1	4	11,8	106,6	60
4	66	2	6	17,6	110,0	62 nach 2 Min. 60
5	67	1	7	20,6	111,7	62 " 2 " 60
6	68	1	8	23,6	113,3	62 " 4 " 60
7	69,2	1,2	9,2	27,1	115,3	63 " 4 " 60
8	70	0,8	10	29,4	116,7	63 " 4 " 60
9	70	0	10	29,4	116,7	63 " ? " 60
10	71	1	11	32,4	118,3	64 " 4 " 60
15	73	2	13	38,2	121,7	63 " 4 " 60
20	75,5	2,5	15,5	45,6	125,8	65 " 4 " 60
30	82	6,5	22	64,7	136,7	66 " 8 " 60
40	86	4	26	76,5	143,3	68 " 13 " 60
50	88	2	28	82,4	146,7	68 " 16 " 60
75	94	6	34	100	156,7	69 " 25 " 63

B. Vena cava inferior.

Nichts Besonderes zu bemerken. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 3 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (3,0 Gramm Stöpselgew.)	58	0	0 Mm.	0	100 Mm.	58
1	58,5	0,5	0,5	2,7	100,9	58
2	58,5	0	0,5	2,7	100,9	58
3	59	0,5	1	5,4	101,8	58
4	59	0	1	5,4	101,8	58
5	59	0	1	5,4	101,8	58
6	60	1	2	10,8	103,5	58
7	60	0	2	10,8	103,5	58
8	60	0	2	10,8	103,5	58
9	60,5	0,5	2,5	13,5	104,3	58
10	61	0,5	3	16,2	105,2	58
11	62	1	4	21,6	106,9	58,5
12	62	0	4	21,6	106,9	58,5
13	62	0	4	21,6	106,9	58,5
14	62	0	4	21,6	106,9	58,5
15	62,5	0,5	4,5	24,3	107,8	58,5
20	64	1,5	6	32,4	110,3	58,5
25	64	0	6	32,4	110,3	59 nach 2 Min. 58,5
30	64,5	0,5	6,5	35,1	111,2	59 „ 2 „ 58,5
35	65	0,5	7	37,8	112,1	59 „ 4 „ 58,5
40	65,25	0,25	7,25	39,2	112,5	59 „ 4 „ 58,5
50	66	0,75	8	43,2	113,8	59 „ 4 „ 59
60	66	0	8	43,2	113,8	59
80	67	1	9	48,7	115,5	59
100	68	1	10	54,1	117,3	59
150	68,5	0,5	10,5	56,8	118,2	59
200	70	1,5	12	64,9	120,7	59
300	71	1	13	70,3	122,4	59
400	72	1	14	75,7	124,1	60,5 nach 3 Min. 59
500	73	1	15	81,1	125,8	60,5 „ 3 „ 59
1000	76,5	3,5	18,5	100	131,9	62

C. Vena jugularis interna dextra.

In gleicher Weise behandelt. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken, der also gleich von Anfang an die Vene belastete, 1,1 Gramm

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (1,1 Gramm Stöpselgew.)	65	0	0 Mm.	0	100,0 Mm.	65
1	67	2	2	10,5	103,1	65
2	69	2	4	21,1	106,2	65
3	70,5	1,5	5,5	29,0	108,5	65
4	71	0,5	6	31,5	109,2	65
5	71,5	0,5	6,5	34,2	110,0	66 nach 2 Min. 65
6	72	0,5	7	36,8	110,7	66 „ 3 „ 66
7	74	2	9	47,4	113,8	66
8	74	0	9	47,4	113,8	66
9	74,5	0,5	9,5	50.0	114,6	66
10	75	0,5	10	52,6	115,4	66
11	76	1	11	57,9	116,9	67 „ 4 „ 66
12	76	0	11	57,9	116,9	67 „ 5 „ 67
13	77	1	12	63,2	118,4	67
14	77	0	12	63,2	118,4	67
15	78	1	13	68,4	120,0	67
16	78	0	13	68,4	120,0	67
17	78	0	13	68,4	120,0	67
18	78	0	13	68,4	120,0	67
19	78,5	0,5	13,5	71,1	120,7	67
20	79	0,5	14	73,7	121,5	67
25	80	1	15	79,0	123,1	68 „ 5 „ 67
30	80	0	15	79,0	123,1	68 „ 5 „ 67
40	81	1	16	84,2	124,6	„ 5 „ 67
50	81,5	0,5	16,5	86,8	125,4	67
100	84	2,5	19	100	129,2	67

D. Vena cephalica dextra.

In gleicher Weise behandelt. Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken, der also gleich von Anfang an die Vene belastete, 0,1 Gramm

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,1 Gramm Stöpselgew.)	75	0	0 Mm.	0	100,0 Mm.	75
1	82	7	7	25	109,3	76 nach 2 Min. 75
2	86	4	11	39,6	114,6	77 „ — „ 75
3	90	4	15	53,9	120,0	78 „ 3 „ 75
4	92,5	2,5	17,5	62.5	123,3	78 „ 3 „ 75
5	94	1,5	19	67,8	125,3	78 „ 4 „ 75
6	99	5	24	85,7	132,0	78 „ 4 „ 75
7	99	0	24	85,7	132,0	78 „ 4 „ 75
8	100	1	25	89,3	133,3	78 „ 4 „ 75
9	102	2	27	96,4	136,0	78 „ 5 „ 75
10	102	0	27	96,4	136,0	78 „ 5 „ 75
15	103	1	28	100,0	137,3	78 „ 5 „ 75

Cadaver IV.

Der Cadaver IV. kam frisch auf die Anatomie. Die Zeit des Todes liess sich nicht ermitteln. Es war ein normaler muskelkräftiger Mann, etwa 40—50 Jahre alt, der sich erhängt hatte. Die Beobachtungen wurden in ganz gleicher Weise ausgeführt, wie bei den früheren Fällen. Es war nämlich hier die Vene nicht auf Lindenholzstöpsel, sondern auf Korke aufgebunden und die Ablesung vorgenommen an den Spitzen der durch die Vene am Stöpselrand durchgezogenen Haare. Da die Korke sehr klein und sehr leicht waren, so wurde von einer Bestimmung ihres Gewichtes abgesehen.

A. Vena saphena magna dextra.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 Gr.	64	0	0 Mm.	0	100 Mm.	64
1	66	2	2	5,6	103,1	64
2	71	5	7	19,4	110,0	64
3	74	3	10	27,8	115,6	64
4	75	1	11	30,5	117,2	64
5	78	3	14	38,9	121,9	64
6	81	3	17	47,2	126,6	64
7	83	2	19	52,8	129,7	64
8	84	1	20	55,6	131,3	64
9	87	3	23	63,9	136,0	64
10	88	1	24	66,7	137,8	64
11	88	0	24	66,7	137,8	64
12	90	2	26	72,2	140,6	64
13	92	2	28	77,8	143,8	64
14	93	1	29	80,6	145,3	64
15	93	0	29	80,6	145,3	64
16	94	1	30	83,3	146,9	64
17	95	1	31	86,1	148,4	64
18	95	0	31	86,1	148,4	64
19	97	2	33	91,7	151,6	64
20	97	0	33	91,7	151,6	64
21	97	0	33	91,7	151,6	64
22	98	1	34	94,5	153,2	64
23	98	0	34	94,5	153,2	64
24	99	1	35	97,2	154,7	64
25	100	1	36	100	156,3	64
26	100	0	36	100	156,3	65
27	100	0	36	100	156,3	65
28	100	0	36	100	156,3	65
29	100	0	36	100	156,3	65
30	100	0	36	100	156,3	66

B. Vena cava inferior.

Verfahren wie bei der Saphena magna.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 Gr.	35	0	0 Mm.	0	100 Mm.	35
1	35	0	0	0	100	35
2	35	0	0	0	100	35
3	35,5	0,5	0,5	2,3	101,4	35
4	36	0,5	1	4,7	102,8	35
5	36	0	1	4,7	102,8	35
6	37	1	2	9,3	105,7	35
7	37	0	2	9,3	105,7	35
8	37,5	0,5	2,5	11,6	107,1	35
9	37,7	0,2	2,7	12,6	107,7	35
10	38	0,3	3	13,9	108,6	35
11	38,5	0,5	3,5	16,2	110	35
12	38,5	0	3,5	16,2	110	35
13	39	0,5	4	18,6	111,4	35
14	39	0	4	18,6	111,4	35
15	39	0	4	18,6	111,4	35
16	40	1	5	23,2	114,3	35
17	40	0	5	23,2	114,3	35
18	40	0	5	23,2	114,3	35
19	40,5	0,5	5,5	25,6	115,7	35
20	41	0,5	6	27,8	117,1	35
21	41	0	6	27,8	117,1	35
22	41	0	6	27,8	117,1	35
23	41,5	0,5	6,5	30,2	118,5	35
24	41,5	0	6,5	30,2	118,5	35
25	42	0,5	7	32,6	120	35
26	42	0	7	32,6	120	35
27	42,5	0,5	7,5	34,9	121,4	35
28	42,5	0	7,5	34,9	121,4	35
29	43	0,5	8	37,2	122,8	35
30	43	0	8	37,2	122,8	35
31	43	0	8	37,2	122,8	35
32	43,5	0,5	8,5	39,6	124,3	35
33	43,5	0	8,5	39,6	124,3	35
34	44	0,5	9	41,9	125,7	35
35	44	0	9	41,9	125,7	35
36	44	0	9	41,9	125,7	35
37	44,5	0,5	9,5	44,2	127,1	35
38	44,5	0	9,5	44,2	127,1	35
39	44,5	0	9,5	44,2	127,1	35
40	45	0,5	10	46,6	128,6	35
45	46	1	11	51,2	131,4	35
50	46	0	11	51,2	131,4	35
55	46,5	0,5	11,5	53,5	132,8	35
60	47	0,5	12	55,9	134,2	35
70	48	1	13	60,5	137,1	35
80	49	1	14	65,1	140	35
90	49	0	14	65,1	140	35
100	50	1	15	69,8	142,9	35,5
200	52	2	17	79,1	148,5	35,5
300	54	2	19	88,4	154,2	36,0
400	55	1	20	93,0	157,1	36,0
500	55	0	20	93,0	157,1	36,0
600	56	1	21	97,7	160	36,0
700	56	0	21	97,7	160	36,0
800	56	0	21	97,7	160	36,0
900	56,5	0,5	21,5	100	161,4	36,0
1000	56,5	0,5	21,5	100	161,4	36,5

C. Vena jugularis dextra interna.

Verfahren wie bei der Vena cava und saphena desselben Körpers.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 Gr.	30	0	0 Mm.	0,0	100 Mm.	30
1	31	1	1	4,4	103,3	30
2	32	1	2	8,7	106,7	30
3	32	0	2	8,7	106,7	30
4	33	1	3	13,0	110,0	30
5	34	1	4	17,4	113,3	30
6	35	1	5	21,7	116,7	30
7	36	1	6	26,1	120,0	30
8	36	0	6	26,1	120,0	30
9	37	1	7	30,4	123,3	30
10	37	0	7	30,4	123,3	30
11	38	1	8	34,8	126,7	30
12	38	0	8	34,8	126,7	30
13	39	1	9	39,1	130,0	30
14	39	0	9	39,1	130,0	30
15	39	0	9	39,1	130,0	30
16	40	1	10	43,5	133,3	30
17	40	0	10	43,5	133,3	30
18	41	1	11	47,8	136,7	30
19	41	0	11	47,8	136,7	30
20	41	0	11	47,8	136,7	30
21	41	0	11	47,8	136,7	30
22	41	0	11	47,8	136,7	30
23	42	1	12	52,2	140,0	30
24	42	0	12	52,2	140,0	30
25	42	0	12	52,2	140,0	30
26	42	0	12	52,2	140,0	30
27	43	1	13	56,5	143,4	30
28	43	0	13	56,5	143,4	30
29	43	0	13	56,5	143,4	30
30	43	0	13	56,5	143,4	30
31	43	0	13	56,5	143,4	30
32	43	0	13	56,5	143,4	30
33	43	0	13	56,5	143,4	30
34	43	0	13	56,5	143,4	30
35	43	0	13	56,5	143,4	30
36	43	0	13	56,5	143,4	30
37	43	0	13	56,5	143,4	30
38	43	0	13	56,5	143,4	30
39	43	0	13	56,5	143,4	30
40	44	1	14	60,9	146,7	30,5
41	44	0	14	60,9	146,7	30,5
42	44	0	14	60,9	146,7	30,5
43	44	0	14	60,9	146,7	30,5
44	44	0	14	60,9	146,7	30,5
45	44	0	14	60,9	146,7	30,5
46	44	0	14	60,9	146,7	30,5
47	44	0	14	60,9	146,7	30,5
48	44	0	14	60,9	146,7	30,5
49	44	0	14	60,9	146,7	30,5
50	45	1	15	65,2	150,0	31
60	46	1	16	69,6	153,4	31
70	46	0	16	69,6	153,4	31
80	46,5	0,5	16,5	71,7	155,0	31,5
90	47	0,5	17	73,9	156,7	31,5
100	47	0	17	73,9	156,7	31,5
200	49	2	19	82,6	163,4	32
350	50	1	20	87,0	166,7	32
400	52	2	22	95,7	173,4	32
500	53	1	23	100,0	176,7	32

D. Vena cephalica dextra.

Verfahren wie bei den übrigen Venen desselben Cadavers.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 Gr.	70	0	0 Mm.	0	100,0	70
1	75	5	5	13,2	107,1	70
2	81	6	11	28,9	115,7	70
3	86	5	16	42,1	122,8	70
4	90	4	20	52,6	128,5	70
5	94	4	24	63,2	134,3	70
6	97	3	27	71,0	138,6	70
7	99	2	29	76,3	141,4	70
8	101	2	31	81,6	144,3	70
9	103	2	33	86,8	147,2	70
10	104	1	34	89,5	148,6	70
11	106	2	36	94,7	151,4	70
12	107	1	37	97,4	152,9	71
13	107	0	37	97,4	152,9	71
14	107	0	38	97,4	152,9	72
15	108	1	38	100	154,3	73
16	108	0	38	100	154,3	73

Cadaver V.

Der Cadaver V. ward im Hospitale untersucht; es war ein tuberculöser 58jähriger Mann, der 14 Stunden vor der Beobachtungsreihe gestorben war. Das Verfahren des Ablesens und Befestigens der Vene war genau dasselbe wie bei den drei ersten Reihen. Nur ward die Vene durch Aufpinseln von Wasser anstatt Serum feucht erhalten und leider vergessen, das Gewicht des unteren Lindenholzstöpsels zu bestimmen.

Da im Ganzen die Grössen der gebrauchten Stöpsel ziemlich gleich für die gleichen Venen waren, so habe ich hier die Gewichte zugesetzt, wie sie bei Cad. III. bestimmt wurden.

A. Vena saphena magna.

Muthmaassliches Stöpselgewicht 0,1 Gramm.

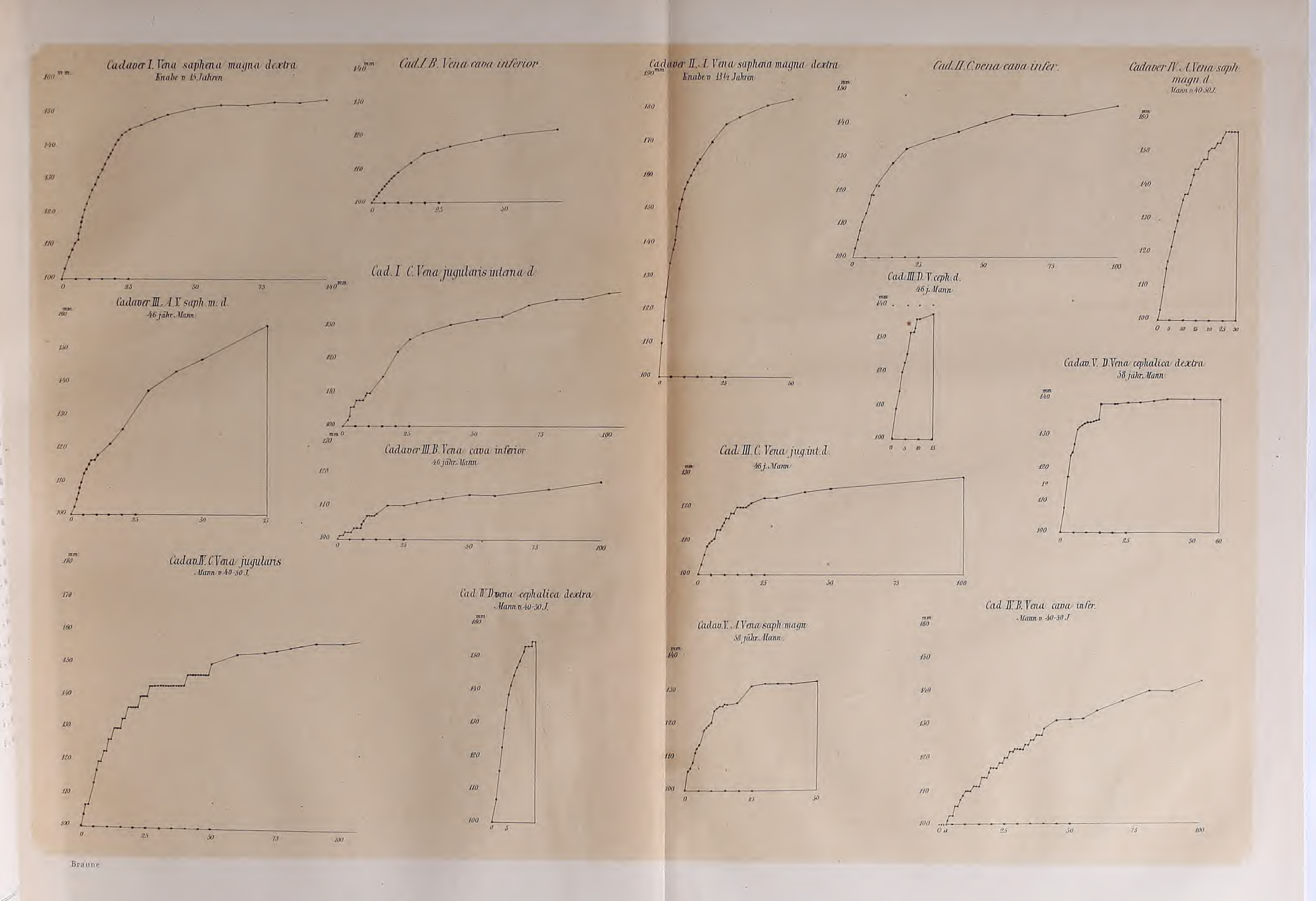
Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,1 Gramm Stöpselgew.)	80,5	0	0 Mm.	0	100 Mm.	80,5
1	85	4,5	4,5	17,0	105,6	80,5
2	85,5	0,5	5	18,9	106,2	81
3	87	1,5	6,5	24,5	108,1	81
4	90	3	9,5	35,8	111,8	81
5	91	1	10,5	39,6	113,0	81
6	91,5	0,5	11	41,5	113,7	81,5
7	95	3,5	14,5	54,7	118,0	81,5
8	95,75	0,75	15,25	57,5	118,9	81,5
9	96	0,25	15,5	58,5	119,2	81,5
10	97	1	16,5	61,9	120,5	81,5
11	100	3	19,5	73,6	124,2	81,5
12	100,5	0,5	20	75,5	124,8	81,5
13	101	0,5	20,5	77,4	125,4	82 nach 3 Min. 81,5
14	101	0	20,5	77,4	125,4	82,25 „ -- „ 81,5
15	101,5	0,5	21	79,2	126,1	82,25 „ 4 „ 81,5
16	101,5	0	21	79,2	126,1	„ 4 „ 81,6
20	102	0,5	21,5	80,8	126,7	„ 4 „ 81,7
25	106	4	25,5	96,2	131,6	„ 4 „ 82
30	106,5	0,5	26	98,1	132,2	„ 4 „ 82
35	106,5	0	26	98,1	132,2	„ 4 „ 83,5
40	106,5	0	26	98,1	132,2	„ 4 „ 83,5
50	107	0,5	26,5	100	132,9	„ 4 „ 86,6

B. und C. vacat.

D. Vena cephalica dextra.

Muthmaassliches Gewicht des unteren Stöpsels mit Haken 0,1 Gramm.

Belastung in Gramm.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Belastung.	Differenz.	Differenz der Verlängerung und ursprünglichen Länge.	Verlängerung nach Procenten.	Länge nach der Belastung, reducirt auf 100 Mm. bei 0 Gr. Belastung.	Länge in Millimetern unmittelbar nach der Entlastung.
0 (0,1 Gramm Stöpselgew.)	65	0	0,0 Mm.	0,0	100 Mm.	65
1	70,5	5,5	5,5	21,2	106,9	65
2	75,5	5	10,5	40,4	116,2	65
3	80	4,5	15	57,7	123,1	65,5
4	80,5	0,5	15,5	59,6	123,8	66,5 nach 4 Min. 66
5	82	1,5	17	65,4	126,2	66,5 ,, 4 ,, 66,5
6	85	3	20	76,9	130,8	66,75 ,, 4 ,, 66,5
7	85,5	0,5	20,5	78,8	131,5	67 ,, 4 ,, 66,5
8	85,75	0,25	20,75	79,8	131,9	,, — ,, 66,5
9	86	0,25	21	80,8	132,3	67 ,, 5 ,, 66,5
10	86,5	0,5	21,5	82,7	133,1	,, 5 ,, 66,5
11	86,5	0	21,5	82,7	133,1	70 ,, 5 ,, 66,5
12	86,5	0	21,5	82,7	133,1	,, 4 ,, 65,5
13	86,75	0.25	21,75	83,6	133,5	,, 5 ,, 66,5
14	87	0.25	22	84,6	133,8	,, 5 ,, 66,5
15	90	3	25	96,1	138,5	,, 5 ,, 65,5
20	90	0	25	96,1	138,5	,, 5 ,, 66,5
25	90,5	0,5	25,5	98,1	139,2	,, 5 ,, 66,5
30	90,5	0	25,5	98,1	139,2	,, 5 ,, 66,5
35	90,75	0,25	25,75	99,0	139,6	,, 5 ,, 66,5
40	91	0,25	26	100	140	,, 5 ,, 66,5
50	91	0	26	100	140	,, 5 ,, 66,5
60	91	0	26	100	140	,, 5 ,, 66,5



Cadaver I. Vena saphena magna dextra
Knabe v. 15 Jahren
Cad. I. B. Vena cava inferior.
Cad. I. C. Vena jugularis interna d.
Cadaver III. A. V. saph. m. d.
46 jähr. Mann.
Cadaver III. B. Vena cava inferior
46 jähr. Mann.
Cadav. IV. C. Vena jugularis
Mann v. 40-50 J.
Cad. IV. D. vena cephalica dextra
Mann v. 40-50 J.
Cadaver II. A. Vena saphena magna dextra
Knabe v. 13½ Jahren
Cad. II. C. vena cava infer.
Cadaver IV. A. Vena saph. magn. d.
Mann v. 40-50 J.
Cad. III. D. V. ceph. d.
46 j. Mann
Cad. III. C. Vena jug. int. d.
46 j. Mann
Cadav. V. D. Vena cephalica dextra
58 jähr. Mann.
Cadav. V. A. Vena saph. magn.
58 jähr. Mann.
Cad. IV. B. Vena cava infer.
Mann v. 40-50 J.
Braune



ZUR ANATOMIE DES GEHÖRORGANS

VON

DR. ADAM POLITZER,

A. Ö. PROF. DER OHRENHEILKUNDE AN DER WIENER UNIVERSITÄT.

Hierzu Tafel III. IV.

I.

Ueber das Verhältniss des Musc. stapedius zum Nervus facialis.

Ueber das anatomische Verhältniss des Steigbügelmuskels zum Gesichtsnerven findet man selbst in den ausführlichen Werken über die Anatomie des Menschen nur sehr spärliche Angaben, und ebenso vermisst man die näheren Details über die Höhle der Eminentia stapedii, sowie über die Grösse, Form und Faserungsverhältnisse des von derselben umschlossenen Musc. stapedius. In der an Einzelheiten so reichen classischen Schilderung des Schläfebeines in Henle's Handbuch der system. Anatomie des Menschen (S. 162) heisst es von der Emin. stapedii: „Das Kegelchen ist hohl und umschliesst den Musc. stapedius, dessen Sehne durch die feine Oeffnung an der Spitze austritt, indess durch eine Communicationsöffnung der Basis mit dem Canalis facialis ein Zweig des Nerv. facialis zu dem Muskel gelangt". Der Musc. stapedius selbst wird (S. 748) folgendermassen geschildert: „Der Musc. stapedius entspringt im Grunde der Emin. stapedii, die er ausfüllt und an deren Mündung er sich zu der haarfeinen Sehne zuspitzt. Die Sehne bildet mit der Axe des pyramidenförmigen Muskels einen stumpfen, abwärts offenen Winkel, und tritt zu dem Köpfchen des Steigbügels, um sich dicht unter dem Rande der Gelenksfläche desselben zu befestigen".

Bei meinen anatomischen Untersuchungen des Gehörorgans fand ich in dieser Region des Schläfebeines eine Reihe bisher nicht beschriebener Einzelheiten, welche ich in Folgendem zu schildern versuchen werde. Das Material zu diesen Untersuchungen bestand in einer grösseren Anzahl macerirter Schläfebeine von Neugeborenen und Erwachsenen und fernerhin in nicht macerirten Gehörorganen, welche durch allmähliche Einwirkung verdünnter Salzsäure entkalkt, und durch nachherige Härtung in Weingeist zur Anfertigung mikroskopischer Durchschnitte präparirt wurden.

Oeffnet man am macerirten Schläfebeine eines Neugeborenen den Canalis facialis, vom Knie bis zum Foramen stylo-mastoideum durch vorsichtige Entfernung seiner lateralen Wand, so sieht man an der Stelle wo (Fig. 1) das über dem ovalen Fenster gelegene Stück des Kanals in den absteigenden Theil übergeht, zumeist eine bedeutende sinusartige Erweiterung, welche sich hinter und etwas über der Eminentia stapedii befindet (s). Entfernt man auch die laterale Wand der Eminent. stapedii um die Muskelhöhle zu übersehen, so findet man, dass der obere Abschnitt derselben (p) von der erwähnten sinusartigen Erweiterung des Canalis facial. durch eine Knochenlamelle getrennt ist, welche in einer Entfernung von 1 ½—2 Mm. von der Sehnenöffnung der Eminent. stap. einen nach hinten und unten gerichteten halbmondförmigen Rand bildet (k). Der mediale Theil dieser Kante läuft in eine mehr weniger ausgeprägte, quer über die mediale Wand des Canal. facialis sich hinziehende stumpfe Leiste aus, welche sich zwischen der sinusartigen Vertiefung des Kanals und dem unteren Abschnitte desselben befindet.

Während der obere Theil der Cavitas stapedii von dem Facialkanal getrennt erscheint, communicirt der untere Abschnitt der Muskelhöhle frei mit dem Kanal (h). Dies ist jedoch bei verschiedenen Präparaten nicht in gleicher Weise der Fall. Bei einer Anzahl von Präparaten ist die Communication eine so vollständige, dass die hintere Grenze der Muskelhöhle ohne Markirung mit dem Nervenkanal verschmilzt. Bei anderen Schläfebeinen Neugeborener hingegen findet man zuweilen auch zwischen dem unteren Theile der Muskelhöhle und dem Nervenkanal eine mehr weniger ausgeprägte Knochenleiste, wobei die Communication zwischen beiden Höhlen durch eine verschieden breite Spalte stattfindet.

Wesentlich anders und sehr variabel gestalten sich die Verhältnisse im Schläfebeine des Erwachsenen. Auch hier findet man häufig, wenn auch weniger scharf markirt, die Erweiterung des Nervenkanals hinter der Cavitas stapedii. Diese selbst erscheint länglich birnförmig und beträgt die Länge der Muskelhöhle von der Spitze der Eminentia stapedii bis zur abgerundeten Basis 7—8 Mm., die Breite in der Mitte etwa 1 ½ Mm. Die Muskelhöhle liegt an einer Reihe von Präparaten vor dem Facialcanal, mit welchem sie durch eine oder mehrere, bald rundliche bald längliche Oeffnungen, oder durch eine 3—5 Mm. lange und über ½ Mm. breite glatte oder ausgezackte Spaltöffnung communicirt. An anderen Schläfebeinen hingegen liegt bloss der obere Abschnitt der Cavit. stapedii vor dem Facialcanal, der mittlere und untere Abschnitt der Muskelhöhle jedoch liegt medianwärts vom Nervencanal, an dessen medialer Wand sich eine unregelmässig rundliche Communicationsöffnung zwischen Muskel- und Nervenhöhle befindet.

Das topographische Verhältniss zwischen Musc. stapedius und Nerv. facialis lässt sich am besten an mikroskopischen Durchschnitten entkalkter Gehörorgane

von Neugeborenen und Erwachsenen studiren. Die Schnitte wurden in zwei Ebenen geführt: bei einer Reihe von Präparaten senkrecht auf die Längsrichtung des Steigbügelmuskels und des Gesichtsnerven, bei anderen parallel mit der Längsrichtung in der Ebene der inneren Trommelhöhlenwand.

Die Verhältnisse beim Neugeborenen sind in Fig. 3. 4. 5. veranschaulicht. Fig. 3. stellt den Querschnitt des Muskels und des Nerven in der Gegend des unteren Abschnittes des Muskels dar. Der mehr lateral liegende Nerv (f) ist von dem medial und etwas nach vorn gelagerten Muskel (st) durch keine Knochenbrücke, sondern durch ein faseriges Bindegewebsstratum getrennt, einer Verschmelzung der faserigen Bindegewebshüllen des Muskels und des Nerven (br). Muskel und Nerv werden somit hier von einer gemeinschaftlichen Knochenhülle umschlossen. Verfolgt man die höher gelegenen Querschnitte so sieht man den zwischen Muskel und Nerv befindlichen Raum durch seitliches Vorspringen der Knochenmasse (Fig. 4.) sanduhrförmig verengt, so dass in der Gegend über der Mitte des Muskels zwischen Muskel (st) und Nerv (f) nur eine schmale Bindegewebsbrücke (br) besteht. Fig. 5. zeigt uns schliesslich den Querschnitt von demselben Präparate im oberen Abschnitte des Muskels, Nerv (f) und Muskel (st) erscheinen hier vollständig durch Knochenmasse getrennt (k) und wird der Abstand zwischen Nerv und Muskel um so grösser, je mehr sich die Querschnitte der Spitze der Eminentia stapedii nähern.

Die Querschnitte von Gehörorganen Erwachsener zeigen mannichfache Varianten. Im oberen Abschnitte des Muskels, wo dessen Höhle gegen die Oeffnung der Eminent. stapedii sich vorbiegt, sind Muskel und Nerv constant durch Knochenmassen getrennt; im unteren Abschnitte jedoch folgen auf Querschnitten, an welchen ebenfalls eine vollständige Scheidung des Muskels und der Nerven durch Knochengewebe sichtbar ist, andere Schnitte, an welchen zwischen beiden verschieden breite Spalten bestehen, an denen sich die faserigen Bindegewebshüllen des Muskels und des Nerven berühren und verschmelzen. Es sind dies die Querschnitte jener früher erwähnten am macerirten Schläfebeine vorkommenden verschieden grossen Oeffnungen und Spalten zwischen Muskelhöhle und Nervenkanal, oder der Durchschnitt der nicht constant vorkommenden Durchtrittsöffnung für den Nervus stapedii.

An Schnitten, welche parallel mit der Längsrichtung des Muskels und des Nerven in der Ebene der inneren Trommelhöhlenwand geführt wurden, sieht man beim Neugeborenen die zwischen dem oberen Muskelabschnitte und dem Facialnerven liegende Knochenmasse in Form eines nach unten und hinten gerichteten Keiles einspringen. Im unteren Abschnitte jedoch fehlt zumeist die knöcherne Scheidewand und berühren sich hier unmittelbar Muskel- und Nervenhülle. Es gelingt jedoch selten den Schnitt so zu führen, dass derselbe durch die Mitte des Muskels und des Nerven geht, weil namentlich der untere Theil des Muskels

medialer, also in einer tieferen Ebene liegt als der Gesichtsnerv und sich mit der Richtung desselben kreuzt.

Die Längsschnitte bei Erwachsenen zeigen in den verschiedenen aufeinander folgenden Ebenen bald eine vollständige Trennung des Muskels vom Nerven durch eine dazwischenliegende Knochenlamelle, bald ist am Durchschnitt, wenn derselbe durch die erwähnten an der hinteren Wand der Muskelhöhle befindlichen inconstanten Oeffnungen oder Spalten geführt wurde, die Knochenlamelle an einer oder mehreren Stellen unterbrochen und berühren sich daselbst die Hüllen des Muskels und des Nerven. (Fig. 2. b.)

Was die Form des Steigbügelmuskels anlangt, so erscheint derselbe an Längsschnitten meist birnförmig (Fig. 2.), an Querschnitten meist dreiseitig prismatisch (Fig. 3. 4. 5. st) mit abgerundetem Ecken. Der Muskel und der mehr rundliche Nerv sind von einer faserigen Bindegewebshülle umgeben, welche häufig beim Neugeborenen mächtiger erscheint, als beim Erwachsenen. Am Durchschnitte der Nervenhülle sieht man oft die Querschnitte von Blutgefässen, oft auch innerhalb der Nervenhülle neben dem Nerven ein grösseres Blutgefäss. Die Anordnung der Muskelfasern des Stapedius ist durch die Abbildung des Längsschnittes (Fig. 2.) beim Erwachsenen veranschaulicht. Die von der Muskelhülle entspringenden Bündel streben von dem Grunde und den Seitenwänden der Höhle nach oben und gegen die Mitte des Muskels und gehen in die Stapediussehne über, deren Gewebe man zuweilen (Fig. 2. t) nach abwärts bis über die Mitte des Muskels verfolgen kann.

Ueber das Verhältniss des Musc. stapedius zum Facialis bei Säugethieren konnte ich in der Literatur nur in einer 1835 erschienenen Abhandlung Hagenbach's, betitelt: „Die Paukenhöhle der Säugethiere" eine Andeutung finden. Es heisst daselbst: „Beim Menschen verläuft bekanntlich der Gesichtsnerv in einem geschlossenen Kanälchen durch die Paukenhöhle, welches sich am oberen Rande des Vorhoffensters vorbeizieht. So ist es auch bei den Affen. Bei den übrigen Säugethieren hingegen liegt er in der Paukenhöhle grösstentheils frei zu Tage, indem sich hier statt eines geschlossenen Kanales eine blosse Vertiefung befindet. Nachdem er nämlich das sog. Knie gebildet hat, geht er in einem eigenen Kanälchen, hinter oder bei einigen auch unter der Grube des Tens. tymp. vorbei. In der Gegend des Vorhoffensters läuft das obere Wändchen dieses Kanälchens in einen vorspringenden Rand aus. Der Nerv kommt nun frei zum Vorschein, indem er jetzt nur noch in einer Rinne befindlich ist, welche sich hinter der Grube für den Steigbügelmuskel vorbeizieht. Da, wo er den letzteren berührt, verbindet sich dessen Scheide durch feste Zellfasern mit demselben, so dass oft bei der Herausnahme der Nerven des Muskel noch an diesem festsitzt."

Physiologische Bemerkungen.

Die bisherigen physiologischen Untersuchungen über die Function des Musc. stapedius beziehen sich hauptsächlich auf den Mechanismus der Spannungsänderung des Trommelfells, sowie auf die Regulirung des intraauriculären Druckes. Unter welchen Verhältnissen der Muskel sowie sein Antagonist der Tensor tymp. zu Hörzwecken in Action treten, ist bisher nicht bekannt, und haben die in dieser Richtung angestellten Versuche zu keinem Resultate geführt. Was die mechanische Action des Stapedius anlangt, so äussert sich dieselbe, nach den von mir im Jahre 1861 unter Leitung des Herrn Professor Ludwig angestellten Experimenten sowohl auf das Trommelfell als auch auf die Druckverhältnisse des Labyrinthinhaltes. 1. Bezüglich des Einflusses auf das Trommelfell hat schon Toynbee aus anatomischen Gründen sich dahin ausgesprochen, dass dieser Muskel das Trommelfell entspanne, Andere hielten eine solche Wirkung des Muskels für unmöglich. Die von mir zur Lösung dieser Frage angestellten Versuche wurden an menschlichen Präparaten und an vivisecirten Hunden ausgeführt. Versuch an Hunden: Wird die Schädelhöhle eines eben getödteten Hundes excerebrirt, die Nerven in der Schädelhöhle isolirt, und in den äusseren Gehörgang ein Manometerröhrchen mit einem Tropfen Flüssigkeit luftdicht eingesetzt, so sieht man bei Reizung des Facialis, von welchem der Stapedius versorgt wird, eine negative Schwankung des Tropfens im Manometerröhrchen, welche von einer Erschlaffung des Trommelfells herrührt; wird die Sehne des Stapedius durchschnitten, so bleibt der Tropfen ruhig stehen, wenn der Facialis gereizt wird. Versuch beim Menschen: Es wurde der M. stapedius durch Hinwegnahme der hinteren Partie der Pyramide blossgelegt, ohne dass die Spitze der Pyramide verletzt wurde, und in den äusseren Gehörgang ein Manometer eingesetzt. Wurde nun mit der Pincette am Muskelbauch des Stapedius gezogen, so machte der Tropfen im Manometer eine Bewegung wie im vorigen Versuche. Es geht aus diesem Versuche hervor, dass der M. stapedius ein Laxator tympani sei. 2. Ueber den Einfluss des M. stapedius auf das Labyrinth. Nach der Ansicht einiger Autoren wird die Steigbügelplatte durch den Stapedius in den Vorhof hineingedrückt, nach anderen herausgehoben. Der von mir angestellte folgende Versuch zeigt, dass Letzteres der Fall ist. An einem menschlichen Gehörorgane wurde im geöffneten oberen Halbzirkelgang ein dünnes Manometerröhrchen luftdicht eingekittet, mit Carminlösung versehen, und der Muskelbauch des Stapedius blossgelegt. Bei jedem Anziehen des Stapedius beobachtete man ein Sinken der Flüssigkeit im Manometerröhrchen. Es ergibt sich aus diesem Versuche: dass der M. stapedius den Druck im Labyrinthe vermindert, und dass er auch in dieser Richtung ein Antagonist des Tensor tympani sei.

II.

Ueber den Processus styloideus.

Die variabeln Formverhältnisse des Griffelfortsatzes sind zur Genüge bekannt. Henle (Handbuch der system. Anatomie des Menschen S. 157) schildert denselben wie folgt: „Der Griffelfortsatz ist ein cylindrischer, stellenweise comprimirter gerader oder schwach gekrümmter Stift von sehr veränderlicher Länge mit der Spitze ab- und vor- und wenig medianwärts gerichtet. Seine Basis ist vorn und seitlich von der Crista petrosa wie von einer Scheide umsäumt und meistens auch nach den anderen Seiten von einem Graben, in welchem sich feine Ernährungslöcher befinden, und einem niedrigen Wall umgeben. Seitlich von der Basis des Griffels in einer Vertiefung, die sich rück- und seitwärts in die Incisura mastoidea fortsetzt, liegt das Foramen stylomastoideum, die äussere Oeffnung des Canalis facialis und Eintrittsstelle der Arteria stylomastoidea“.

Dieser Beschreibung sowohl, wie den Schilderungen in anderen anatomischen Werken ist zu entnehmen, dass der Process. styloideus als ein Knochenfortsatz angesehen wird, welcher an jener Stelle, wo seine umwallte Basis sichtbar ist, aus der Knochenmasse des Schläfebeines sich bildet. In der mir zugänglichen Literatur der menschlichen Anatomie konnte ich aber nirgends eine Andeutung über den wirklichen Ursprung dieses Fortsatzes, sowie über die Endigung seines oberen Abschnittes im Schläfebeine finden.

Aus den folgenden anatomischen Untersuchungen ist jedoch ersichtlich, dass der *Process. styloideus* aus einem eigenen präformirten Knorpelkörper hervorgeht, welcher nicht nur im fötalen Zustande, sondern auch beim Neugeborenen als ein isolirbares Knorpelgebilde darstellbar ist, und dass das obere Ende des *Proc. styloideus* nicht an der äusserlich sichtbaren Basis des Fortsatzes sich befindet, sondern bis in das *Cavum tympani* hinaufreicht. Meine Aufmerksamkeit auf dieses Object wurde zunächst durch einen Befund gelenkt, welcher mir bei meinen oben mitgetheilten Untersuchungen über das Verhältniss des M. stapedius zum Nerv. facialis, sofort auffiel. Ich fand nämlich beim Neugeborenen an Durchschnitten, welche senkrecht auf die Längsrichtung des Muskels und des Nerven geführt wurden, in der Nähe derselben den Durchschnitt eines mächtigen Knorpelkörpers (Fig. 3. kn), welcher nicht nur in verschiedenen Präparaten, sondern an den von unten nach oben aufeinander folgenden Durchschnitten desselben Organes von variabler Grösse und Form erscheint. Die vorherrschende Form ist die länglich ovale mit einem stark abgerundeten und einem mehr zugespitzten Ende, an einzelnen Stellen ist der Knorpeldurchschnitt leicht Sförmig gekrümmt oder durch höckerige Vorsprünge unregelmässig, und zwar wird die Form um so unregelmässiger, je mehr man sich dem oberen unterhalb der Eminentia pyramidalis befindlichen Ende desselben nähert. Der Durchmesser des Knorpeldurchschnittes variirt von $^1/_2$ bis 1 Millimeter und darüber. Die Textur des Knorpels zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung dieselbe Beschaffenheit wie die fötalen Knorpelanlagen der Primordialknochen des Schädels und wie der fötale Annulus tympanicus. Der Knorpel, welcher vom Steigbügelmuskel und dem Facialis durch eine verschieden dicke Knochenlamelle getrennt ist, wird von einer starken faserigen Bindegewebshülle umgeben (Fig. 3 h), von welcher stellenweise einzelne Sepimente zu den Bindegewebshüllen des Muskels und des Nerven, oder nach aussen zum Perioste des Schläfebeins hinziehen. An einzelnen Durchschnitten fand ich in der Nähe des Knorpelkörpers die Durchschnitte grösserer und kleinerer isolirter Knorpelinseln in der Knochenmasse des Schläfebeins, welche dieselbe Structur wie der beschriebene Knorpelkörper zeigten.

Veranlasst durch diesen Befund ging ich an die Präparation dieses Knorpelkörpers an decalcinirten Schläfebeinen Neugeborner. Man findet daselbst (Fig. 6, doppelte Vergrösserung) an der hinteren Peripherie des Annulus tymp. (a), knapp an der Sutura tympanico-mastoidea vor dem Foram. stylo-mastoideum, den etwa 6 Millimeter langen, seitlich zusammengedrückten, biegsamen knorpeligen Proc. styloideus (s).

Entfernt man vorsichtig den Trommelfellring und das Trommelfell, um einen Einblick in die Trommelhöhle zu bekommen, so fällt einem sofort an der hinteren Trommelhöhlenwand, unterhalb der Eminentia stapedii (Fig. 7 st), eine etwas höckerige, von einer dicken Faserhaut überzogene, bei durchfallendem Licht stark durchscheinende Protuberanz (Fig. 7 c) auf. Spaltet man den fasciaartigen Ueberzug derselben bis zu jener Stelle hinab, wo am intacten Schläfebeine der knorpelige Proc. styloideus sichtbar wird, so sieht man, dass dieser Knorpelkörper (Fig. 7 c) das obere Ende des knorpeligen Process. styloideus (s) bildet. Durch vorsichtiges Lospräpariren der faserigen Hülle erhält man denselben in seiner Totalität, wie er in Fig. 7 c—s dargestellt ist. Das Gebilde lässt sich aus seiner Hülle, in welcher es wie in einer Kapsel eingeschlossen ist, vollständig ausschälen, und zeigt eine Form, wie sie in Fig. 7 in situ, und in Fig. 8 a in natürlicher Grösse, in Fig. 8 a′ in doppelter Vergrösserung isolirt abgebildet ist. Der kolbige Kopf c, welcher in einer grubigen Vertiefung unterhalb der Eminentia pyramidalis (Fig. 7 st) lagert, geht in einen seitlich zusammengedrückten Hals über, von welchem, jedoch nicht constant, nach vorn ein stumpfer Fortsatz (Fig. 8 a′ f) abgeht, unter welchem das untere stiftförmig zugespitzte Ende (s) beginnt.

Ebenso wie bei Neugebornen konnte ich auch bei einer grösseren Anzahl von Schläfebeinen Erwachsener die Existenz eines bis in die Trommelhöhle reichenden oberen Abschnittes des Process. styloideus nachweisen. Derselbe lässt sich sowohl durch anatomische Präparation mit Meissel und Säge, als auch durch Darstellung mikroskopischer Durchschnitte von entkalkten Präparaten bis in die Trommelhöhle verfolgen. Er dringt durch die Knochenmasse, welche durch Verschmelzung der Pars tympanica der hinteren Gehörgangswand mit der Pars mastoidea derselben und der unteren Trommelhöhlenwand gebildet wird, bis in die Trommelhöhle vor, wo sein oberes Ende an der hinteren Trommelhöhlenwand (Fig. 9) unterhalb der Eminentia stapedii (st) constant eine verschieden stark entwickelte unregelmässige knöcherne Erhabenheit bildet (Fig. 9 c). Es ist dies der verknöcherte Kopf des früher geschilderten knorpeligen Process. styloideus beim Neugebornen.

Obwohl der im Schläfebein liegende obere Abschnitt des Process. styloideus mit der ihn umgebenden Knochenmasse innig verschmilzt, so kann man dennoch

an gelungenen mit einer Laubsäge gefertigten Quer- und Längsschnitten, sowie an Knochenschliffen die Textur des Process. styloideus von der ihn umgebenden Knochenmasse deutlich unterscheiden. Die compacte äussere Knochenlamelle besitzt ein dichteres Gefüge, als die umgebende Knochenmasse, das Innere des Griffelfortsatzes zeigt einen zelligen Bau mit verschieden grossen Zellenräumen, ausserdem häufig einen Centralkanal (Fig. 10 c), welcher zumeist im Kopfe des Proc. styloideus in einen grösseren unregelmässigen Hohlraum endigt. Noch klarer tritt die Sonderung des Proc. styloideus von der umgebenden Knochenmasse an Querschnitten decalcinirter Präparate hervor. In Fig. 10 ist ein solcher Querschnitt, welcher etwa 2 Millimeter über dem Foramen stylo-mastoideum geführt wurde, abgebildet. Der vom Nervus facialis (f) durch Knochenmasse getrennte, länglich-ovale Processus styloideus mit seinem Centralkanal (c) erscheint hier von der umliegenden Knochenmasse durch eine fein gestreifte Zone von faserigem Aussehen getrennt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Schläfebein vom Neugeborenen, der Facialkanal und die Cavitas stapedii geöffnet. f = Knie des Canalis facialis. — s = sinusartige Erweiterung des Kanales. — p = Eminentia stapedii. — k = Knochenvorsprung zwischen Facialkanal und Cavitas stapedii. — h = unterer Abschnitt der Muskelhöhle. — o = rundes Fenster.

Fig. 2. Längsschnitt durch das decalcinirte Präparat eines Erwachsenen. f. f' = Nerv. facialis. — st = Musc. stapedius. — k = Knochengewebe zwischen Nerv und Muskel. — b = Berührungsstelle der Muskel- und Nervenhülle. — h = fibröse Hülle des Stapedius. — t = Sehnengewebe des Muskels.

Fig. 3. Querschnitt eines decalcinirten Präparates vom Neugeborenen im unteren Abschnitte des Muskels. f = Nerv. facialis. — st = Musc. stapedius. — br = Faserige Bindegewebs-Scheidewand zwischen Nerv und Muskel. — kn = Durchschnitt der knorpeligen Anlage des Proc. styloideus. — h = faserige Bindegewebshülle desselben.

Fig. 4. Querschnitt vom Neugeborenen beiläufig in der Mitte des Musc. stapedius. f = Nerv. facialis. — st = Musc. stapedius. — br = Bindegewebsbrücke zwischen Nerv und Muskel.

Fig. 5. Höherer Querschnitt von demselben Präparate in der Nähe der Spitze der Eminentia stapedii. st = Musc. stapedius. — f = Nerv. facialis. — k = Knochenmasse zwischen Nerv und Muskel.

Fig. 6. Decalcinirtes Schläfebein vom Neugeborenen. Doppelte Vergrösserung. a = hinterer Abschnitt des Cavitas tymp. — s = knorpeliger Proc. styloideus.

Fig. 7. Dasselbe Präparat nach Entfernung des Trommelfellrings und des Trommelfells, und nach Spaltung der fibrösen Hülle des in der Trommelhöhle lagernden Abschnittes des Proc. styloideus. st = Eminentia stapedii. — o = Fenestra rotunda. — s = Proc. styloideus. — c = kopfartige Anschwellung desselben an der hinteren Trommelhöhlenwand unterhalb der Eminentia stapedii. — p = seitlich abgehender stumpfer Knorpelfortsatz.

Fig. 8. a Der knorpelige Proc. styloideus isolirt in natürlicher Grösse. — a' Dasselbe Gebilde doppelt vergrössert.

Fig. 9. Durchschnitt eines Schläfebeines vom Erwachsenen. f = Canalis facialis. — st = Eminentia stapedii. — u = untere Gehörgangswand. — a = Sulcus tymp. — s = Proc. styloideus. — c = Verknöcherte Protuberanz des oberen Endes des Griffelfortsatzes an der hinteren Trommelhöhlenwand.

Fig. 10. Querschnitt eines decalcinirten Präparates vom Erwachsenen etwa 2 Mm. über dem Foramen stylo-mastoideum. f = Nerv. facialis. — s = Proc. styloideus mit dem Centralkanal.

METHODE ZUR BEOBACHTUNG DES KREISLAUFS IN DER FROSCHLUNGE

VON

DR. FRITHIOF HOLMGREN,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE ZU UPSALA.

Hierzu Tafel V.

§ 1.

Einleitung.

In dem dritten Bande von „Upsala Läkareförenings Förhandlingar" (8. Nov. 1867) habe ich die Hauptzüge einer Methode, um den Kreislauf in der Lunge des lebenden Frosches mikroskopisch zu beobachten, kurz mitgetheilt (Frithiof Holmgren, Om curare, anvandt sâcom hjelpmedel vid physiologiska undersökningar. S. 297—299). Es fiel mir bei dieser Gelegenheit nicht ein, den Gegenstand selber d. h. die Beobachtung des Kreislaufs in der Froschlunge als etwas Neues auszurufen, um so weniger, als schon vor beinahe 200 Jahren Malpighi bekanntlich dieselbe Beobachtung gemacht hatte. Ich beabsichtigte nur hervorzuheben, erstens wie bequem diese Beobachtung mit den gegenwärtigen vollkommenen Hülfsmitteln ausgeführt werden kann, und zweitens, wie schön und lehrreich in der That die darauf bezüglichen Präparate sind; Umstände, auf welche, wie es mir schien, die Aufmerksamkeit nicht nach Gebühr gerichtet war.

Bei meinem kurzen Aufenthalte in Greifswald im Jahre 1870 auf der Durchreise bekam ich zufällig die Gelegenheit, in dem dortigen anatomischen Institute ein Circulationspräparat von der Froschlunge herzustellen und den Herren Professor Budge und seinem damaligen Assistenten Dr. Landois vorzuzeigen, denen die Methode, den Kreislauf in der Lunge zu demonstriren, damals unbekannt war. Durch Herrn Landois, der seit jener Zeit die Lunge zur Demonstration des Kreislaufs in seinen Vorlesungen benutzt zu haben scheint, wurde die Sache Hueter bekannt, welcher seitdem ebenfalls für seine mikroskopischen Studien über gewisse Kreislaufsstörungen in der Lunge ein vorzügliches Object gefunden hat.

In seinem ersten Berichte über diese Untersuchungen hat Hueter geäussert, dass „der Strom der modernen mikroskopischen Studien an der Froschlunge vorüber-

gegangen ist (C. Hueter, Ueber den Kreislauf und die Kreislaufsstörungen in der Froschlunge. Versuch zur Begründung einer mechanischen Fieberlehre. Centralblatt für die med. Wissenschaften 1873. Nr. 5. S. 66). Mit diesen Worten hat er auch, wie es scheint, das wahre Verhalten angegeben. Mir ist es wenigstens seitdem, bei besonders darauf gerichteter Aufmerksamkeit, nicht gelungen, in der Literatur die geringste Erwähnung davon zu finden, was kaum anders zu deuten sein dürfte, da es eine Erscheinung betrifft, die wahrscheinlich zu den schönsten gerechnet werden muss, welche überhaupt unter dem Mikroskope gesehen werden können.

Es dürfte demnach gerechtfertigt erscheinen, wenn ich nochmals zu diesem Gegenstande zurückkomme, um die Methode in der vollkommeneren Form, die ich ihr in der letzten Zeit gegeben habe, zum Dienste der Wissenschaft zu stellen. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft kann es kaum ohne Belang sein, eine Methode zu gewinnen, welche die Möglichkeit bereitet, eines der reichsten Capillarnetze des ganzen Körpers mit seinem lebenden Inhalte unter dem Mikroskope zu studiren, bei den stärksten Vergrösserungen und mit derselben Bequemlichkeit, wie sie ein beliebiges Präparat gewöhnlich darbietet. Setzt man dann weiter hinzu, dass die Methode die grösste Mannigfaltigkeit von Eingriffen innerhalb der Grenzen des Lebens sowohl direct auf die Substanz der Blutkörperchen, als indirect auf deren Bewegung gestattet, so dürfte dieselbe nicht fern davon sein, in Bezug auf die Technik allen Anforderungen zu entsprechen. Das Folgende wird zeigen, in wiefern die angedeuteten Bedingungen in der That durch meine Methode als erfüllt angesehen werden können.

---

§ 2.

Bemerkungen über die Wahl und Behandlung der Versuchsthiere.

Von den beiden grösseren Froscharten, die gewöhnlich zu physiologischen Versuchen verwendet werden, eignet sich für die mikroskopische Untersuchung des Kreislaufs in der Lunge die *R. esculenta* in allen Hinsichten besser als *R. temporaria.* Die Thiere dieser Art liefern ein weniger durchsichtiges Präparat als die jener, einestheils wegen der meistens kleineren Lungenalveolen, wodurch die hellen, nur von Capillarnetzen eingenommenen Felder eine verhältnissmässig geringere Ausdehnung haben zwischen den gröberen Gefässen, und zweitens wegen des gewöhnlich weit grösseren Reichthums an Pigmentzellen, welche nicht allein in dem einzelnen Gesichtsfelde störend wirken, sondern auch eine zu grosse Menge des

durch die ganze Lunge gehenden Lichtes absorbiren, was sich schon dem blossen Auge durch ein mattes graulichesʼ Aussehen kund gibt.

Man ziehe also, wenn überhaupt die Wahl frei ist, die *R. esculenta* vor. Namentlich versprechen die heller gefärbten, grünen Exemplare helle und womöglich pigmentfreie mikroskopische Gesichtsfelder von der Lunge. Auch dürfte hier der Ort sein, eine Bemerkung zu erwähnen, die ich oft gemacht habe, die nämlich, dass bei den Männchen die grössten Lungenalveolen angetroffen werden, wogegen die Weibchen oft feinblasige Lungen besitzen. Jene lassen deswegen im Ganzen verhältnissmässig mehr Licht durch und empfehlen sich folglich im Allgemeinen besser für feinere Untersuchungen über kleinere Abschnitte eines Capillarnetzes bei stärkeren Vergrösserungen, wogegen bei diesen ein ganzes Alveolarnetz in seinem Zusammenhange mit den gröberen Gefässen auch bei stärker aufgeblasener Lunge und bei nicht allzu schwacher Vergrösserung sich gewöhnlich noch übersehen lässt.

Will man sich nun womöglich im Voraus sichern, ein Präparat zu bekommen, in welchem der capillare Kreislauf in seiner vollen, normalen Pracht zu sehen ist, so muss man sich ein gesundes, kräftiges und vor Allem blutvolles Thierchen aussuchen. Diese Bedingung ist nicht immer leicht zu erfüllen. Ein Jeder, der mit lange Zeit ohne Fütterung und zumal bei milder Witterung aufbewahrten Winterfröschen experimentirt hat, wird erfahren haben, wie oft in der That Fälle von Anämie und Schwäche des Herzmuskels vorkommen. Die Erfahrung hat ebenfalls gelehrt, dass die kleineren Thiere bei der Aufbewahrung verhältnissmässig besser aushalten, wogegen die grösseren gewöhnlich am frühesten der Blutarmuth und Schwäche anheimfallen. In geringerem Grade hervortretend können diese Uebel bei der hier fraglichen Untersuchung wohl ertragen werden; es kommen aber Fälle vor, wo der Kreislauf in der Lunge gar nicht von Statten gehen will. Es scheint die Blutmasse zu gering und der Herzmuskel zu schwach, um den normalen Strom durch das weite Bett der Lungencapillaren gleichmässig besorgen zu können. Wie dem auch sei, mir ist es jedenfalls im Winter und Frühjahr passirt, dass ich etwa ein Dutzend Frösche habe opfern müssen, bis ich ein einziges brauchbares Präparat gefunden habe.

Um unter solchen Umständen den normalen Blutgehalt wieder herzustellen, weiss ich kein anderes Mittel, als mässige Fütterung übrigensʼ gesunder Thiere eine Zeit lang vor dem Versuche. Dies pflegt aber dann meistens zum Ziele zu führen. Zur Fütterung eignet sich, wie es scheint, unter den Fleischsorten, welche in den physiologischen Laboratorien gewöhnlich zur Hand sind, am meisten das Kaninchenfleisch. Bei der Fütterung bietet sich von selbst die Gelegenheit, die Mundhöhle zu inspiciren, was auch sonst von Nutzen ist, wenn es sich darum handelt, unter lange Zeit aufbewahrten Fröschen ein Exemplar auszuwählen, welches für die hier

in Rede stehende Untersuchung brauchbar ist. Man lernt nämlich nach einiger Uebung aus der Färbung der Schleimhaut die relative Blutfülle des Gefässsystemes einigermaassen sicher abschätzen. Sonst wäre es für denselben Zweck zu empfehlen, eine Uebersicht über die Blutströmung in den Capillaren der Schwimmhaut an der Hinterpfote vorzunehmen.

Uebrigens ist es auch bei den anämischen Thieren möglich, das mangelnde Blut künstlich durch Kaninchenserum, halbprocentische mit Hühnereiweiss versetzte Kochsalzlösung, Transsudatflüssigkeit vom Menschen u. dgl. m. zu ersetzen. Diese Flüssigkeiten werden in das Gefässsystem eingeführt, in derselben Weise wie andere Lösungen, wovon später die Rede sein wird. Man kann jedenfalls dadurch die Strömung des somit verdünnten Blutes durch die Lunge in den Gang setzen und eine kürzere Zeit unterhalten.

Bei frisch gefangenen oder nur kurze Zeit aufbewahrten Thieren mögen alle diese Maassregeln ganz überflüssig sein, da ein jedes für den Versuch zu brauchen ist.

Bevor man aber nun zu der eigentlichen Präparation für den Versuch schreitet, muss der Frosch mit Curare vergiftet werden. Bei der vielfachen Anwendung dieses Giftes in der experimentalen Technik überhaupt ist es nicht nöthig, die Vortheile hervorzuheben, welche es bei dieser Art von Untersuchungen gewährt, zumal da es sich hier um eine Thiergattung handelt, bei welcher es nicht einmal nöthig ist, während der Dauer des Lähmungszustandes künstliche Respiration zu unterhalten. Die Vergiftung geschieht in gewöhnlicher Weise, gleichgültig an welchem Ort und in welcher Form das Gift eingeführt wird. Jedoch halte ich es für rathsam, nur eine kleine Dose anzuwenden. In Betracht des variirenden Gehaltes an dem wirksamen Bestandtheile bei den verschiedenen Curareproben, weiss ich in Bezug auf die Dose keine nähere Angabe zu machen, als dass sie eben hinreichen soll, um einen Frosch für zwei bis drei Tage gelähmt zu halten. Ich glaube nämlich bemerkt zu haben, dass die Circulation in der Lunge unter diesen Umständen am lebhaftesten sich zeigt. Ausserdem dürfte diese Zeit die Grenzen bezeichnen, innerhalb welcher ein und dasselbe Präparat überhaupt mit Vortheil beobachtet werden kann.

Bei jeder längeren Pause der Beobachtung, oder wenn dieselbe überhaupt geendet ist, bringt man die herauspräparirte Lunge wieder in die Brusthöhle und sorgt z. B. durch Umwickeln mit nassem Fliesspapier oder sonst in beliebiger Weise dafür, dass die Haut des Frosches feucht gehalten wird. Nach dem Verlaufe der Curarewirkung wird die Wunde zugenähet und der Frosch kann am Leben erhalten werden.

---

§ 3.

Ueber das Herauspräpariren der Lunge.

Wenn es nun darauf ankommt, den Kreislauf in der Lunge zu beobachten, so kann das bezügliche Organ mit möglichster Schonung in folgender Weise aus der Leibeshöhle gefördert werden. Dicht an der Armhöhle und etwa an der Grenze zwischen der Rücken- und der Bauchhaut wird eine breite Hautfalte mit einer Pincette emporgehoben. Mittelst einer krummen Nadel wird dann durch die Basis dieser Falte ein Seidenfaden durchgezogen und dessen Enden sofort zu einem festen Knoten zusammengeschnürt. In derselben Weise legt man eine zweite Ligatur etwas weiter nach hinten an, gegen die hintere Extremität zu, so dass der Abstand zwischen beiden um ein wenig grösser wird, als man den grössten Durchmesser der Hautöffnung zu machen nöthig hat. Die zwischen den beiden Ligaturen befindliche Haut wird sodann in einer dem Zweck entsprechenden Ausdehnung weggeschnitten.

Sollte es sich jetzt zeigen, dass die schon vorher angelegten Ligaturen jeder Blutung in dem Schnitte nicht vollständig vorgebeugt haben, so wird das noch blutende Gefäss sofort unterbunden. Die Vorsichtsmaassregel, jede Blutung zu vermeiden, darf jedenfalls nicht versäumt werden, wenn man ein mustergültiges Präparat beansprucht. Denn abgesehen davon, dass oft jeder Blutstropfen gehütet werden muss, damit die Capillaren gehörig gefüllt sind, wird das Präparat von dem aus den Gefässen getretenen Blute in mancherlei Weise verunreinigt. Ein Theil davon fliesst nämlich über das Gesichtsfeld und stört unmittelbar die Beobachtung, ein anderer und zwar der grösste Theil sammelt sich an den abhängenden Theilen der Lunge und hindert den Durchgang des Lichtes. Die kleine Blutmenge, die ohnehin die Wunde verunreinigt, wird ebensowohl als die austretende Lymphe mit Fliesspapier sauber weggeschafft.

In der Wunde sieht man nun gewöhnlich nach der Rückenseite vom Rande der Abdominalportion des grossen Brustmuskels die mit Luft gefüllte Lunge durch die dünne Muskellage, die aus dem vorderen oberen Theile der schiefen Bauchmuskeln gebildet wird, durchschimmern. An dieser Stelle wird die Muskellage mit einer Pincette kegelförmig aufgehoben. An der Basis des Kegels wird sie rasch mit der Scheere durchgeschnitten, wobei keine zu beachtende Blutung vorzukommen pflegt. Bei diesem Handgriffe muss man sich natürlich sorgfältig hüten, die unter der dünnen Lage hingleitende Lunge mitzufassen und zu verletzen, was zu vermeiden übrigens keine Schwierigkeit bietet.

Aus der so gemachten rundlichen Oeffnung, die man, wenn es nöthig ist, nachmals erweitern kann, sieht die Lunge heraus und tritt mit einem Male oder

aber nur allmählich entweder von selbst heraus oder kann durch leisen Fingerdruck auf die umgebenden Bedeckungen herausgefördert werden. Das eben Gesagte setzt jedoch voraus, dass die Lunge von Luft gefüllt war, was bei einem mit Curare vergifteten Frosche keineswegs unter allen Umständen der Fall ist. Soll nämlich diese Bedingung mit Sicherheit erfüllt sein, so muss man für die soeben beschriebene Operation den Zeitpunkt wählen, wo die Curarelähmung ihrer Vollendung ganz nahe ist, aber dieselbe noch nicht völlig erreicht hat. Bekanntlich tritt die Curarelähmung nicht gleichzeitig an allen Orten des Körpers ein, sondern es werden die verschiedenen Motoren nach einander davon befallen. In dieser Reihe nehmen die motorischen Nerven des Respirationsapparates eine verhältnissmässig ziemlich späte Stelle ein. Daher dauert die Respiration noch fort zu einer Zeit, wo das allgemeine Bewegungsvermögen in dem Grade herabgesetzt worden ist, dass die Handgriffe, welche mit dem Versuche im Zusammenhange stehen, davon nicht wesentlich gestört werden. Macht man in diesem Stadium die Oeffnung in der Seitenwand des Thieres, so findet man die Lunge mit Luft gefüllt. Sie schlüpft in diesem Zustande, wie gesagt, leicht aus der Oeffnung heraus.

---

§ 4.

Ueber die Ausspannung der luftgefüllten Lunge.

Die Füllung der Lunge mit Luft ist nicht allein vortheilhaft, um dieselbe bequem und ohne Verletzung aus der Wunde hervorzutreiben; sie ist sogar unerlässlich nothwendig für die Beobachtung des capillaren Kreislaufs in diesem Organe. Die zusammengefallene Froschlunge ist ein röthlicher Klumpen, der, wenn er auch durchsichtig genug wäre, kaum sich für die mikroskopische Untersuchung eignen würde. Die von dem Capillarnetze eingenommenen, in den Maschen der gröberen Gefässe eingeschlossenen Flächen der Lungenwand sind zu sehr beschränkt, um eine befriedigende Uebersicht zu gestatten; und spannt man in diesem Zustande die Lunge durch irgend welche von aussen dehnende Kräfte aus, so wird man meistens die Blutbewegung in den Capillaren vermissen. Erst wenn der innere Hohlraum des Organs mässig erweitert ist, fängt der Inhalt der Capillaren wieder an, sich zu bewegen. In demselben Maasse, wie die Lunge durch Vermehrung des Volumens und der Spannung der eingeschlossenen Luft ausgespannt wird, gewinnt sie auch an Durchsichtigkeit, indem die Alveolen ausgedehnt, die gröberen undurchsichtigen Gefässe eher comprimirt werden, also weniger verdecken. Wird immer mehr Luft in die Lunge eingetrieben, so hört bei einem gewissen hohen Grade von Ausspannung die Blutbewegung in den Capillaren, nachdem sie vorher immer lang-

samer geworden, ganz auf. Bei noch fortgesetzter Ausspannung werden die Capillarnetze wenigstens stellenweise ganz blutleer, was man schon aus dem für das blosse Auge erkennbaren grauweissen anstatt röthlichen Aussehen der Lunge schliessen kann.

Die Art und Weise, nach welcher für die zweckmässige Ausspannung der Lunge am besten gesorgt wird, sei jetzt etwas näher erörtert.

Ich habe schon in dem vorhergehenden Paragraphen angegeben, wie es unter Umständen möglich ist, die Lunge luftgefüllt aus der Wunde von selbst hervortreten zu lassen. Oft bleibt dieselbe in diesem aufgeblasenen Zustande eine geraume Zeit stehen, um erst sehr allmählich zusammenzusinken. Allein fast eben so oft geschieht es, dass sie plötzlich zusammenfällt. Bei einer längeren Beobachtung muss man folglich immer darauf gefasst sein, die Lunge künstlich aufblasen zu müssen. Dies auszuführen ist zwar sehr leicht und geschieht einfach dadurch, dass man die Luft durch eine Röhre gegen die Glottis bläst, welche sich dann von selbst öffnet, worauf man die Röhre in dieselbe einführt, durch weiteres Einblasen die Lunge füllt, dann wieder die Röhre auszieht und den Mund schnell zumacht. Es ist aber diese Operation mindestens für die Beobachtung unbequem und störend, und soll sie oft wiederholt werden, was immer der Fall ist, wenn die Lunge die Neigung hat, rascher zusammenzufallen, so wird dies bald fast unerträglich.

Eine Canüle mit Hahn versehen in den Kehlkopf geführt und dort fixirt hilft dem Uebel nicht gründlich ab, denn die feinen Kanäle, welche zwischen den starren unebenen Wänden der Glottis und der eingebundenen Röhre bleiben, gestatten der gespannten Luft, auch wenn der Hahn geschlossen ist, allmählich aus der Lunge zu entweichen.

Bei meinem Bestreben, eine luftdicht schliessende Verbindung zwischen der Canüle und dem Kehlkopfe zu finden, bin ich endlich nach verschiedenen mehr weniger misslungenen Versuchen bei einer sogleich zu beschreibenden Vorrichtung stehen geblieben, welche sich durch ihre Einfachheit und ihre vollkommene, dem Zweck entsprechende Leistung als sehr empfehlenswerth erwiesen hat.

Auf Tafel V ist, wie alle andern Theile des Apparates, auch die Aufblasevorrichtung (Fig. 1) in 3/4 natürlicher Grösse abgebildet. Sie wird aus zwei durch eine dünne Kautschukröhre (*s s* Fig. 1 *A*) von beliebiger Länge verbundenen Stücken von Messing gebildet.

Das eine von diesen, das Mundstück (*m*) für die Einblasung von Luft, trägt einen gut schliessenden Hahn (*h*). Das andere Messingstück, die Canüle (*k*), ist eine etwa 3 Zoll lange Röhre, deren freies Ende zum Einführen in die Glottis bestimmt ist. Unmittelbar an diesem Ende ist die Röhrenwand verdickt zu einem die Röhre umgebenden Ringe (*r*), dessen peripherischer Rand rinnenförmig vertieft ist. 2—3 Millimeter von diesem Ringe entfernt befindet sich ein zweiter, ganz

analoger, mit ähnlicher Rinne versehener Ring (r'). In der Einsenkung zwischen den beiden Erhebungen durchbohren vier auf dem Röhrenumfange vertheilte kleine Löcher die Röhre.

Ueber diesen Theil der Röhre wird nun eine schlauchförmige dünne Membran gezogen, deren Innendurchmesser um ziemlich viel den äusseren Umfang der Röhre übertrifft. An diesem Schlauche werden zwei Seidenfäden gerade über die Rinnen r und r' umgelegt und in denselben fest zugebunden. Der membranöse Ueberzug schliesst somit rings um die Röhre einen Raum ein, welcher nur durch die vier Löcher bei l mit dem Lumen der Röhre k communicirt.

Die Membran muss sehr dünn und nachgiebig sein, mindestens eben so weich, wie die Substanz der Froschlunge. Der Froschdarm liefert dazu ein treffliches Material. Ich habe es zweckmässig gefunden, dieses Material vorräthig aufzubewahren, was sehr leicht ist, wenn man die Därme mit Luft aufbläst und im aufgeblasenen Zustande in der Luft trocknen lässt. Es ist bei dieser Präparation vortheilhaft, das anhängende Mesenterium so gut als möglich von dem Darmrohre abzutrennen. Die sonst gewundene Röhre wird sich dann beim Aufblasen mehr gerade strecken.

Wenn man nun die Vorrichtung zum Aufblasen der Lunge herstellen will, wird ein Stück von etwa ½ Zoll Länge von dem getrockneten spröden Darmrohre auf das Glottisende der Canüle aufgesteckt und in dieser Lage mit Wasser aufgeweicht. Dann schmiegt es sich leicht an die Canüle an. Nun legt man die beiden Fäden um und bindet sie in den Rinnen fest, am besten bei r anfangend. Bevor man aber den zweiten Faden zubindet, muss man dafür Sorge tragen, dass das zwischen den beiden Rinnen befindliche Darmstück länger ist als der entsprechende Theil der Canüle, so dass es lose in Falten und Runzeln liegt. Das etwa überschüssige Stück von dem Darme jenseits des Fadens bei r wird sauber abgeschnitten.

Hält man nun, nachdem das Darmstück aufgebunden ist, die Endöffnung bei o (Fig. 1 A.) zu und bläst bei m Luft ein, so muss diese auch durch die Löcher bei l in den Zwischenraum zwischen dem Darme und der Aussenwand der Canüle eindringen und unter gleicher Spannung, wie sie im Inneren der Canüle herrscht, bleiben. In Folge dessen spannt sich bei genügender Luftcompression das Darmstück zu einer glatten Blase ringsum das Röhrchen aus (Fig. 1 B. b). Wird nun durch ein Viertel Umdrehung des Hahns h der Luft durch das Mundstück der Ausweg abgeschnitten, während das Lungenende k abgesperrt bleibt, so kann die Darmblase, wenn Alles gut schliesst, beliebige Zeit ihre Form behalten.

Der Sinn dieser Vorrichtung ist leicht einzusehen. Das mit dem Darme überzogene Ende der Canüle wird in die Kehlritze zu mässiger Tiefe eingeführt,

was leicht geschieht, wenn man, nachdem der Mund des Frosches aufgemacht worden ist, mit einer gut fassenden Pincette, deren eine Spitze in die Ritze eingeführt wird, den Kehlkopf hervorzieht. Damit aber die Canüle die ihr somit gegebene Lage unverrückt einhalte, wird der aus dem Kehlkopfe hervorragende Theil derselben an der Mundöffnung des Thieres fest angenähet. Um diesen Zweck ganz sicher zu erlangen, thut man am besten den Faden auf ein Mal durch den Ober- und Unterkiefer zu ziehen. Der Mund wird dann um die Canüle ganz fest zugeschlossen und sichert dieselbe in ihrer Lage sehr vollkommen. Die Canüle kann dann, ohne verrückt zu werden, beim Aufheben und Umlegen des Thieres als Handhabe dienen.

Bläst man nun, nachdem dies alles vorbereitet ist, Luft durch das Mundstück bei *m* ein, so spannt sich die Lunge aus und behält bei geschlossenem Hahne den ihr jedesmal gegebenen Grad von Ausspannung beliebig lange Zeit fast unverändert bei, weil der aufgeblasene Darm, bei seinem geringen elastischen Widerstande, sich allen Unebenheiten des Kehlkopfes genau anschliessend, die kleinen Lücken zwischen dem Röhrchen und der Wandung des Respirationsweges vollständig ausfüllt und somit jeden Austritt der Luft verhindert.

Durch diese Vorrichtung ist natürlich die Möglichkeit vorhanden, der Lunge einen jeden beliebigen Grad von Ausspannung zu geben. Ist sie aus irgend welchem Grunde zu sehr aufgeblasen worden, so kann die Spannung wieder erniedrigt werden, wenn die nöthige Menge Luft durch Drehung des Hahnes ausgelassen wird. Hierbei wird die Bedeutung der Vorsichtsmaassregel, das an dem Ende der Canüle beim Aufbinden etwa übrig gebliebene Darmstück wegzuschneiden, in die Augen fallen. Es legt sich nämlich sonst leicht ein Fetzen von diesem Darmstücke über die Oeffnung bei *o* und verhindert den Rücktritt der Luft.

Es mag zuletzt bemerkt werden, dass eine und dieselbe Blase zu einer Reihe von Versuchen angewendet werden kann, wenn sie in der Zwischenzeit auf der Canüle entweder in aufgeblasenem Zustande getrocknet, oder in wässerigem Glycerin aufbewahrt wird.

---

§ 5.

Die Lungenkammer und das Einlegen des Lungenpräparates unter dem Mikroskope.

Will man bei geringer Vergrösserung über die Erscheinung des Kreislaufs in der Lunge eine Uebersicht nehmen, so mag es hinreichend sein, das Thier auf dem Objecttische oder auf einem besonderen mit einem Loche versehenen Brette

aufzulegen, so dass die aufgeblasene Lunge unter dem Objective des Mikroskopes zu liegen kommt, und dem von unten her reflectirten Licht freier Zutritt durch den Diaphragmatubus und das Loch des Brettes gestattet wird.

Allein die Lunge bietet dem Beobachter eine gewölbte Oberfläche dar und es liegen folglich die verschiedenen Theile des Gesichtsfeldes nicht in derselben Ebene, weshalb eine stete Verstellung des Tubus nothwendig wird, um grössere Strecken übersehen zu können. Wendet man nun zumal eine stärkere Vergrösserung und folglich ein Objectiv mit geringerem Focalabstande an, so läuft man beim Verschieben des Präparates leicht Gefahr, dass die Objectivlinse mit einer hervorgewölbten Stelle der Lunge in Berührung kommt und mit Flüssigkeit verunreinigt wird.

Der Bedarf eines Deckglases macht sich nach alledem sehr bald geltend. Schwierig ist es aber, dem Gläschen eine horizontale Lage auf der gewölbten Lungenoberfläche zu geben und dasselbe in dieser Lage unverrückt zu befestigen. Gelingt dies nicht, so hat man nichts gewonnen, da ja die schiefe Ebene in nichts für die Beobachtung bequemer ist, als die freie Lungenwölbung.

Um diese Uebelstände zu beseitigen und um die lebendige Lunge unter denselben Verhältnissen und mit derselben Bequemlichkeit wie sonst ein beliebiges mikroskopisches Präparat beobachten zu können, habe ich eine besondere Vorrichtung auf dem Brette anbringen lassen, welches zur Unterlage des Frosches dient. Diese Vorrichtung, die ich der Kürze halber die Lungenkammer nennen will, ist in den Figuren 2 und 3 abgebildet. Eine Profilansicht derselben gibt Fig. 2. Der Durchschnitt ist als senkrecht durch die Mitte der Lungenkammer und quer gegen die Längenrichtung des Brettes gelegt zu denken.

Die Einrichtung der Lungenkammer ist die folgende. Ein hohler Messingcylinder (Fig. 2 *c c*), dessen Lichtung (*l*) ungefähr dieselbe Grösse hat, wie der Durchmesser des Loches im Objecttische eines gewöhnlichen Mikroskopes von Hartnack, durchbohrt senkrecht das Brett *b b*, etwas seitlich von der Mitte desselben. Er passt eng in die Durchbohrung des Brettes und dient damit auch zur Befestigung der ganzen Lungenkammer auf dem Brette. Der Cylinder ist höher als die Dicke des Brettes und erhebt darum seinen freien Rand um etwa 8—10 Millimeter über dessen obere Fläche.

Die Lichtung des Cylinders ist in dem oberen Ende desselben, wie die Figur zeigt, um ein wenig weiter, die Wandung dem entsprechend dünner. In diese Erweiterung, die etwa auf der Strecke von einem Millimeter ausgedreht ist, passt ein rundes Deckgläschen (*d*), welches auf dem hervorragenden Rande des dickwandigeren Theiles des Cylinders in horizontaler Lage ruht.

Nach der einen, von der Mitte des Brettes abgewendeten Seite des Cylinders, und mit ihm zusammenhängend befindet sich ein Messingstück, in welchem eine Zahnstange (*z*) mittelst Trieb (*t*) in verticaler Richtung auf und nieder bewegt werden kann. An ihrem oberen Ende trägt die Zahnstange einen seitlich mit ihr verbundenen, horizontal gestellten Ring (*r r*), dessen Oeffnung genau dieselbe Grösse, wie diejenige des unteren Cylinders hat und ebenso genau senkrecht über dieselbe gestellt ist, so dass die beiden Oeffnungen, von oben oder unten gesehen, sich decken. Der soeben erwähnte feste Ring hat, wie die Figur zeigt, einen horizontalen und einen verticalen Theil im Durchschnitte. Jener hat rings um seinen inneren, gegen die Oeffnung gekehrten Rand eine seichte Vertiefung, in welche die Peripherie eines Deckgläschens (*d'*) von derselben Form und Grösse wie die des in der oberen Oeffnung des Cylinders (*c c*) eingelagerten Deckglases (*d*) eben passt. In dieser Fassung liegt die nach oben stehende Fläche des Deckgläschens in derselben Ebene mit der oberen Fläche des horizontalen Theiles des Ringes. Weil der innere, gegen die Oeffnung gekehrte Rand des Ringes, auf welchem das Deckgläschen ruht, sehr dünn ist, so liegt die Ebene der nach unten gekehrten Oberfläche des Glases nur sehr wenig höher als die entsprechende des Ringes. Das Ganze stellt somit etwa einen flachen Teller vor, in welchem das Deckgläschen den mittleren Theil des Bodens bildet. In diesen Teller passt genau ein zweiter Ring (*r' r'*), welcher den Zweck hat, das Deckgläschen beim Drucke von unten unverrückt in seiner Lage festzuhalten.

Die Lungenkammer ist in ihrer Lage auf dem zugehörigen Brette in Fig. 3 abgebildet, deren Einzeltheile nach der soeben gegebenen Erklärung der Durchschnittsfigur ohne Weiteres zu verstehen sein dürften.

Mit diesem Apparate wird nun, wie es augenfällig sein dürfte, die Bedingung erfüllt, die man bei mikroskopischen Untersuchungen meistentheils für nöthig zu halten pflegt, die nämlich, dass das Präparat zwischen zwei dünne Glasplatten gelagert ist, deren Oberflächen, senkrecht über einander gestellt, ihren Parallellismus behalten. Zwischen den beiden Deckgläschen der Lungenkammer wird die herauspräparirte und aufgeblasene Lunge eingelegt. Das obere Glas, welches, wie wir wissen, nach Bedürfniss gehoben und gesenkt werden kann, wird an die obere gewölbte Fläche der Lunge leise angedrückt. Die Lungenoberfläche breitet sich dabei eben auf der unteren Fläche des Glases aus. Das untere Deckgläschen ist hierbei wohl nicht absolut nothwendig; es bringt aber viel Nutzen dadurch, dass es die untere Seite der Lunge verhindert, sich in die Lichtung des Hohlcylinders einzusenken. Es verhütet weiter, dass die Flüssigkeit, welche sich etwa an den nach unten gelegenen Theilen der Lunge ansammeln könnte, in die Höhlung des Cylinders herunterfliesst und das Mikroskop verunreinigt. Endlich

dürfte die Zerstreuung des Lichtes dadurch geringer ausfallen, dass durch Vermittelung des Glases auch die untere Seite der Lunge in eine ebene Fläche umgewandelt wird.

Die an der unteren Seite des oberen Deckgläschens angedrückte Wand der Lunge bildet nun das zu untersuchende Präparat. Dasselbe ist dünn und durchsichtig genug um auch bei den stärksten Vergrösserungen untersucht werden zu können.

Der Frosch wird, nachdem alle schon beschriebenen Vorbereitungen gemacht sind, auf dem Brette in Bauch- oder Rückenlage aufgelegt, je nachdem man die eine oder die andere Lage zweckmässiger findet oder vielmehr je nach dem Theile der Lunge, den man zu beobachten wünscht. Nachdem die Lunge unter das Deckglas gebracht worden ist, wird das Thier in der betreffenden Lage mit einer oder zwei Nadeln befestigt. Die eine Nadel wird durch die Haut der vorderen Extremität gestochen und vielleicht eine zweite durch eine Falte der Bauchhaut. Zur Befestigung der Nadeln dienen zwei zu Würfeln geschnittene Korkstücke, welche durch den unteren Messingcylinder von einander getrennt, wie es in der Fig. 3 zu sehen ist, auf dem Brette festgekittet sind. Bei dieser Art der Befestigung behält die Lunge ihren Platz auch in dem Falle, dass man aus irgend einer Ursache das Brett aus der horizontalen Lage bewegen sollte. Das Präparat ist somit fertig und man kann das Brett, um die Beobachtung anzufangen, auf dem Objecttische des Mikroskopes aufstellen, so dass das obere Deckglas unter das Objectivglas kommt. Die untere Oeffnung des Hohlcylinders der Lungenkammer entspricht dann der Durchbohrung des Objecttisches.

Hat man eine für die Beobachtung passende Stelle der Lunge unter das Deckglas gebracht und handelt es sich darum, bei der unveränderten Lage der Lunge eine längere Zeit hindurch eine Beobachtung fortzusetzen, oder Anderen den Kreislauf vorzuzeigen, so habe ich es vortheilhaft gefunden, Alles was, nicht nothwendig sichtbar sein muss, zu überdecken. Ich setze zu dem Ende auf das Brett einen unten offenen Kasten, welcher auf dem rings um den Rand des Brettes angebrachten Einschnitte (in Fig. 2 mit *e* bezeichnet) fusst. Der somit geschlossene Kasten trägt oben an der Stelle, welche dem oberen Ringe der Lungenkammer entspricht, ein Loch von einer Grösse, die um ein wenig den Umfang des genannten Ringes übertrifft. Ausserdem hat der Kasten an den beiden Enden je einen Ausschnitt von der Grösse, dass eine dünne Kautschukröhre durch denselben ein- oder austreten kann. Fig. 4 zeigt diesen Kasten in natürlicher Grösse und in derselben Perspective, wie die in der Fig. 3 angewendete.

Durch das obere grosse Loch sieht man den Rand des oberen Ringes der Lungenkammer und durch den Endabschnitt tritt die Kautschukröhre der Aufblasevorrichtung heraus, dessen Mundstück mit dem Hahne auf dem Deckel ruht.

Durch diesen Deckel wird das seitlich auffallende Licht abgehalten. Der Kasten dient ausserdem, wenn man den Frosch mit feuchtem Fliesspapiere umwickelt, als feuchte Kammer. Ein weiterer Vortheil entspringt auch daraus, dass der Inhalt bis auf das Nothwendige ganz verdeckt ist. Dieser Umstand verleiht dem Ganzen einen vollkommen sauberen Anschein.

---

§ 6.

Schlussbemerkungen über die Vorzüge der Methode.

Es ist nicht die Absicht, hier überhaupt auf die Beobachtungen näher einzugehen, welche mit Hülfe der beschriebenen Methode vorläufig schon gemacht worden sind; ich kann aber nicht umhin, auf einzelne Punkte die Aufmerksamkeit zu lenken, hauptsächlich in der Absicht, zu zeigen, auf welche Weise man die Methode mit Vortheil üben kann.

Die Erscheinung des Kreislaufes in der Lunge, welche, um mit Hueter zu reden, „durch ihre Schönheit das Auge stundenlang fesseln kann", gibt wohl in erster Hand nur Voranleitung zu Betrachtungen über die ausserordentlich zweckmässige Einrichtung des Ganzen für die Lüftung des Blutes. Die Einzelheiten des strömenden Inhaltes der Capillaren treten dagegen im ersten Augenblicke in den Hintergrund. Die Bewegung ist nämlich bei gesunden Thieren, wie Hueter schon richtig bemerkt, so schnell, „dass in den Capillaren oft nicht die Spur eines Blutkörperchens zu erkennen ist." Nur geben die auf der Retina hinterlassenen zu Linien ausgzogenen Nachbilder ihrer Contouren den Gefässen ein streifiges Aussehen, was oft die einzige Andeutung davon ist, dass körperliche Massen mit dem Strome bewegt werden.

Allein hie und da werden einzelne rothe Blutkörperchen beim ersten Blicke wahrgenommen. Es sind dies solche, die auf den Vorsprüngen der Parenchyminseln zeitweise aufgehängt werden und deren Bewegung folglich für kürzere oder längere Zeit aufgehoben ist. In Bezug auf diese, von Hueter mit dem Namen „zwerchsackähnlicher Blutkörperchen" bezeichneten Formen verweise ich auf die Schilderung (a. a. O. S. 82—83) des genannten Forschers, die vollkommen zutreffend ist.

Setzt man die Beobachtung eines und desselben Präparates längere Zeit hindurch fort, so findet man, dass die Bewegung der Blutkörperchen in den Capillaren allmählich immer langsamer wird. Je langsamer aber der Kreislauf wird, in desto grösserer Zahl häufen sich die aufgehängten rothen Blutkörperchen an

den Parenchyminseln. Ihre Form wechselt auch mit der Schnelligkeit des Stromes und nähert sich bei abnehmender Stromstärke immer mehr der natürlichen. Man kann somit aus der Form der aufgehängten Blutkörperchen die relative Stromkraft beurtheilen, oder umgekehrt aus der von der Schnelligkeit des Stromes abhängigen Formveränderung sich eine Vorstellung von der Elasticität der rothen Blutkörperchen bilden.

Dieselbe ist offenbar eine sehr geringe, aber sehr vollkommene. Wenn der Blutstrom sehr stark ist, sieht man den mittleren Theil des Körperchens in der aufgehängten Lage, ohne je zu bersten, zu einem langen Faden ausgezogen. Sobald aber der Körper frei wird, nimmt er augenblicklich seine gewöhnliche Form an.

Um eine vollständigere Auskunft über die Blutkörperchen in ihrem Verhalten innerhalb der lebenden Gefässe zu bekommen, hat man also nöthig, dieselben bei verschiedenen Graden von Schnelligkeit der Bewegung und namentlich oft bei sehr langsamer Bewegung zu beobachten. In dieser Hinsicht leistet die Methode ausgezeichnete Dienste dadurch, dass sie innerhalb gewisser Grenzen die Schnelligkeit des Kreislaufes in den Capillaren fast nach Belieben zu reguliren gestattet. Es geschieht dies durch Einblasen von Luft oder Auslassen derselben mit Hülfe der in Fig. 1 abgebildeten Vorrichtung. Je weiter man durch Einblasen von Luft die Lunge ausspannt, um so langsamer wird der Kreislauf, bis er schliesslich ganz aufhört. Lässt man wieder Luft aus der Lunge aus, so kehrt der Strom mit einer bis zu einem gewissen Grade immer zunehmenden Schnelligkeit wieder zurück. Es wird aber durch das Aufblasen nicht allein die Bewegung der Blutkörperchen langsamer, sondern es wird dadurch auch der Vortheil gewonnen, dass die Blutkörperchen nicht mehr so dicht gedrängt in den Gefässen erscheinen, was gewiss deren Beobachtung sehr erleichtert und auch, was bisher nicht gelungen ist, das Arbeiten mit stärkeren Vergrösserungen ermöglicht, weil die starke Respiration gleichzeitig die Durchsichtigkeit des Präparates erhöht.

Man hat zuweilen die Präexistenz des Kernes in den rothen Blutkörperchen des Frosches in Zweifel gezogen und zwar aus dem Grunde, weil derselbe im circulirenden Blute innerhalb der lebenden Gefässe nicht nachweisbar sein sollte. Dieser Einwand verliert nunmehr alle Berechtigung. Es ist in den Capillaren der Lunge der Kern, in vereinzelten langsam schwimmenden Blutkörperchen und bei scharfer Einstellung des Focus, eben so gut sichtbar, wie im ausgeleerten ruhenden Blute. Man braucht nur, um diese Behauptung zu prüfen, eine gut durchsichtige Stelle des Präparates zu mustern, wo in einem engeren Gefässe die Körperchen langsam und vereinzelt sich bewegen.

Besonders gut dürfte sich das Lungenpräparat nach dieser Methode zu vergleichenden Beobachtungen über die rothen und farblosen Körperchen und die

mannigfaltigsten Formen beider Gattungen eignen. In diesem dichten Netze von Capillaren hat man auch die beste Gelegenheit, die von der verschiedenen Form und physischen Beschaffenheit abhängige Art ihrer Bewegung in dem Strome zu verfolgen.

Schon längst ist die Beobachtung gemacht worden, dass in den Blutgefässen überhaupt die mit einer vollkommenen Elasticität begabten rothen Körperchen in den mittleren, geschwinderen Stromfäden fortgeschleudert werden im Gegensatze zu den klebrigen weissen Körperchen, die in den ruhigeren Lagen an der Gefässwand stationär bleiben, oder ruckweise, langsam hinrollen. Die hierfür zu Grunde liegende Verschiedenheit der beiden Gebilde macht sich in den Lungencapillaren in einer eigenthümlichen Weise geltend. Sie gibt sich am deutlichsten zu erkennen durch die wechselnde Art und Weise, in welcher die Körperchen an den Parenchyminseln in ihrer Bewegung eine Weile aufgehalten werden. Diesen Aufenthalt verdankt das rothe Blutkörperchen seiner grossen Nachgiebigkeit und Dehnbarkeit, das weisse dagegen seiner Klebrigkeit. Man kann als Regel feststellen, dass, wenn ein rothes Blutkörperchen in seiner Bewegung von einer Parenchyminsel aufgehalten wird, es als „zwerchsackähnlicher Körper“ auf der dem Strome zugekehrten Seite der Insel reitend bleibt. Kommt dagegen ein weisses Körperchen an einer Insel zur Ruhe, so bleibt es meistens an der von dem Strome abgewendeten Seite anhängend. Sollte es anfänglich an der Stromseite anhaften, so schleppt es sich langsam fadenziehend stromabwärts, bis es in das geschützte, ruhigere Stromgebiet hinter der Insel kommt.

Wird die Geschwindigkeit des Stromes sehr beeinträchtigt, so verliert diese Regel natürlich ihre strenge Gültigkeit. Es gibt aber auch ein Paar Formen von Blutkörperchen, welche ohnehin dieser Regel nicht folgen und eben deshalb bemerkenswerth sind. Die eine von diesen Ausnahmen bilden die mitunter vorkommenden Körper, welche zwar schon gefärbt sind und fast vollständig den elliptischen Umriss der rothen Körperchen zeigen, die aber in Betreff ihrer Schwimmart im Strome mehr den weissen Körperchen ähneln. Die Züge dieser Körperchen sind nicht so markirt und fest wie die der gewöhnlichen rothen, und einen Kern habe ich in ihnen nicht sehen können. Die andere Ausnahme bilden Körperchen, welche zwar eine fest ausgeprägte, derjenigen der rothen ähnliche, obwohl mehr langgezogene und gegen die Enden mehr spitz zulaufende Form haben, die aber farblos sind. Sie verhalten sich in dem Strome nicht wie die gewöhnlichen weissen Körperchen und sind im Vergleich mit den rothen starr und steif zu nennen. Sie kommen mitunter in nicht unbeträchtlicher Zahl vor.

Es zeigen sich endlich gar nicht selten rothe Körperchen, welche an ihrem einen Ende, oder sonst irgendwo an ihrem den Kern umgebenden Leibe einen

hellen runden Fleck tragen, von anscheinend denselben optischen Eigenschaften wie die kleinen farblosen Blutkörperchen. Auf die Bedeutung dieser, sowie der oben angedeuteten Formen von Blutkörperchen will ich hier nicht eingehen. Kann man nun auch an den Blutkörperchen bei langsamer Bewegung mancherlei Dinge scharf beobachten, so ist es, wie schon erwähnt, durch stärkere Einblasung von Luft selbst möglich, den Strom fast augenblicklich zu unterbrechen, wodurch der einzelne Körper gleichsam gefangen und für die genauere Beobachtung festgehalten werden kann, so dass man die beste Gelegenheit hat, auch seine feineren optischen Eigenthümlichkeiten zu studiren.

Diese Bemerkungen sollen nur zur Empfehlung der beschriebenen Methode dienen, welche wohl geeignet ist, neues Material zu der noch in mancher Hinsicht mangelhaften Entwickelungs- und Lebensgeschichte der Blutkörperchen aufzubringen.

Unter allen den hier erwähnten Dingen sind vielleicht die „zwerchsackähnlichen Körper" das, was am meisten als etwas für das Präparat Charakteristisches sofort in die Augen fällt. Sie dürften auch sowohl im normalen Blutleben, als vielleicht noch mehr unter pathologischen Umständen eine wichtige Rolle spielen. Es lässt sich, um ein Beispiel zu wählen, wohl vermuthen, dass die Verhältnisse, welche in dem Capillarnetze der Leber obwalten, überhaupt sehr günstig sind für das Entstehen dieser Zwerchsäcke, und es lässt sich in diesem Falle eben so denken, dass ihr langer Aufenthalt in Berührung mit dem zellenbereitenden und zellenführenden Organe eine besondere Bedeutung habe.

Bevor man aber allgemeinere Hypothesen auf das Verhalten der Froschblutkörperchen baut, muss man sich darüber vorerst sichere Auskunft verschaffen, ob analoge Gebilde anderer Thiere ähnliche Erscheinungen zeigen. Dass Kaninchenblutkörperchen in den Froschcapillaren keine Zwerchsäcke bilden, wird Niemanden befremden, weil ihre Grösse mit den Dimensionen der Capillaren in so augenfälligem Missverhältnisse steht. Sie rollen in den Capillaren etwa wie Schrot in einem Kanonenlaufe. Aber auch von den Salamanderblutkörperchen, die ich in den Kreislauf des Frosches eingeführt, habe ich bis jetzt keines gesehen, welches beim Passiren der Lungencapillaren als Zwerchsack sich aufgehängt hat. Vielleicht büssen die Körperchen in dem fremden Blute ihre natürliche Biegsamkeit ein. Meine Versuche, zu wenig zahlreich, bestimmte Schlüsse daraus zu ziehen, sollten nur dienen, eine besondere Art von Untersuchungen anzugeben, wozu die Methode einladet.

Mit derselben Leichtigkeit, wie das cruorhaltige Serum fremder Blutarten lassen sich auch allerlei Flüssigkeiten in den Kreislauf des Versuchsthieres einführen. Ich habe derartige Injectionen mit Hülfe einer feinen Silbercanüle in

eine Vene (die grosse Bauchvene oder die an der hinteren, äusseren Seite des Oberschenkels befindliche Vene) bewerkstelligt. Die Canüle war durch eine dünne, mittelst Quetschhahn sperrbare Kautschukröhre von ziemlicher Länge mit einem kleinen Trichter oder einer kurzen Burette verbunden, welche, auf einem Stativ nach Belieben gehoben oder gesenkt, den Injectionsdruck regulirte.

Injicirt man eine indifferente Flüssigkeit (Kaninchenserum, Transsudatflüssigkeit vom Menschen u. s. w.), so gewinnt man dadurch nur eine Verdünnung des Blutes, wodurch die Blutkörperchen spärlicher erscheinen, und damit leichter der Beobachtung zugänglich werden. Man kann aber auch der Flüssigkeit die verschiedensten Reagentien hinzusetzen, die entweder auf die Blutkörperchen unmittelbar ihre Einwirkung ausüben, oder durch ihre Wirkung auf das Nervensystem den Kreislauf verändern. Auch wenn das Herz still steht, kann eine künstliche Circulation in dieser Weise unterhalten werden.

Es gestattet aber die Methode, nicht nur tropfbar flüssige, sondern auch gasartige Substanzen mit dem Blute in Berührung kommen zu lassen, beides auf dem gewöhnlichen natürlichen Wege. Anstatt mit atmosphärischer Luft kann man ja die Lunge mit einer andern Gasart aufblasen, um deren Einwirkung auf den Kreislauf und auf die Blutkörperchen zu studiren, und ebenso leicht einen stetigen Gasstrom unter constantem Drucke durch die Lungenkammer leiten, etwa nach demselben Principe, wie es durch die sogenannten Gaskammern zu geschehen pflegt.

Es können somit, wie es scheint, innerhalb der lebenden Gefässe fast alle die Beobachtungen gemacht werden, welche bisher mit dem ausgeleerten Blute vorgenommen worden sind. Es kommen aber noch alle die hinzu, welche aus der Bewegung des Blutes in den Gefässen herrühren.

Kein anderes von den durchsichtigen Organen des Frosches oder der mit ihm verwandten Thiere (wie die Schwimmhaut, das Schwanzende, das Mesenterium, die Zunge, die strotzend gefüllte Harnblase) kann so mannigfach für die Beobachtung verwerthet werden, wie die Lunge. Die gefüllte Harnblase, ich will das hier gelegentlich hervorheben, bietet, obschon sie der Lunge in allen Hinsichten nachsteht, vermöge ihrer Durchsichtigkeit ein verhältnissmässig gutes Präparat dar. Sie kann in derselben Weise, wie die Lunge in die Lungenkammer eingelegt werden. Ihre Capillaren sind langgezogen und noch spärlicher, als die des Mesenterium.

Schliesslich will ich bemerken, dass die Lunge, nach der hier beschriebenen Methode präparirt, vorzüglich für das Studium der Structur von Capillargefässwänden geeignet ist. Man braucht dazu nur das Blut aus den Capillaren voll-

ständig auszutreiben, was meistens durch einmaliges oder wiederholtes, starkes Aufblasen erlangt wird. Geht die Untersuchung ausschliesslich auf die Structur der Capillaren aus, so ist es natürlich am besten, das Thier vorher verbluten zu lassen. Selbstverständlich kann man die für die Untersuchung nöthigen Färbungsmittel und übrigen Reagentien in gewöhnlicher Weise einführen.

UEBER DIE BESCHAFFENHEIT DES AXENCYLINDERS

VON

DR. ERNST FLEISCHL.

Hierzu Tafel VI.

Bei Körpern, deren Dimensionen eine beträchtliche Grösse haben, ist im Allgemeinen das Urtheil über die Consistenz, den Aggregatzustand, ein so leichtes, dass es sich bei der Betrachtung der Körper als eines der ersten Merkmale ergibt. Durch das Heruntersinken von einer, zwei oder allen drei Abmessungen der Körper unter eine gewisse Grösse wird aber das Urtheil über den Aggregatzustand beträchtlich erschwert, nicht nur so sehr, als durch die erschwerte Wahrnehmbarkeit der Körper bedingt wird, sondern noch weit mehr, wegen gewisser Verhältnisse, die, bei grossen Körpern ausser Betracht stehend, bei kleinen sehr ins Gewicht fallen; so z. B. die Oberflächenanziehung, die Oberflächenspannung u. s. w. — Bei Betrachtung der Elemente organischer Structuren haben wir es aber immer mit solchen Körpern zu thun, von denen mindestens eine Dimension sehr klein ist. Zu der hierdurch für die Beurtheilung ihres Aggregatzustandes gesetzten Schwierigkeit tritt aber bei den organischen Structurelementen noch manche neue hinzu, wie die rasch nach dem Tode eintretenden Veränderungen der Bestandtheile, die besondere Art, wie sie untereinander verflochten und schwer zu isoliren sind u. a. m. Alle diese Umstände machen mitunter grosse Umwege nothwendig, auf denen man erst zu einem Urtheil über die Aggregatform der Structurelemente gelangt; und dieses Urtheil ist dann um so unsicherer, je weiter der Umweg war, auf welchem man dazu gelangte.

Bei Rückenmarksuntersuchungen, die zu einem anderen Zwecke unternommen waren, haben sich nun Beobachtungen an Axencylindern ergeben, die zu einem Schluss auf den Aggregatzustand der nervösen Elemente berechtigen.

Querschnitte von Fischrückenmark, welches in Lösungen von Chromsäure oder saurem chromsauren Kali, oder in Müller'scher Flüssigkeit gehärtet wurde, zeigen nach der Tinction mit Carmin das bekannte Bild eines tief roth gefärbten, fast punctförmigen

(wenn man es nicht geradezu an der Luft vertrocknen lässt) solchen Schwankungen in seiner Dicke unterworfen ist, je nach der ihm zu Theil gewordenen Behandlung, wie die Axencylinder, und dass die Einwirkung der einzelnen Reagentien auf die übrigen Gewebe viel regelmässiger, und keinen solchen scheinbar zufälligen Ausnahmen unterworfen ist. — Ich weiss keine andere Annahme über die natürliche Beschaffenheit des Axencylinders, aus der sich sein im Vorhergehenden geschildertes Verhalten gegen die verschiedenen Reagentien verstehen liesse, als die: dass der Axencylinder in der lebenden Faser flüssig ist und dass die Axencylinderflüssigkeit gerinnbar und zwar in verschiedenen Formen gerinnbar ist, je nach den Umständen, unter welchen sie gerann. Solche Flüssigkeiten bilden im lebenden Thierleib z. B. das Blutplasma, das Muskelplasma. Wir haben den Axencylinder als voluminöses, homogenes, in Carmin sich rosa tingirendes Gebilde gesehen, so wie das bei einer nicht zu grossen Verdünnung in der Ruhe gerinnende Plasma. Unter anderen Verhältnissen nahm der Axencylinder die Gestalt eines feinen Fadens an, der Carmin viel stärker imbibirte, und manche Forscher eine fibrilläre Structur erkennen liess, gerade wie ein Fibringerinnsel, das sich allmählich von den Wänden des Gefässes zurückzieht und zu Fäden zusammenschrumpft, die eine deutlich faserige Structur haben. Endlich jene bizarren Formen, die der Axencylinder mitunter auf dem Längsschnitt zeigt, lassen sich vergleichen mit den Figuren des geschlagenen oder des in gewisse Lösungen eingegossenen Fibrins.

Ich will nicht behaupten, dass der erste Entdecker einer fibrillären Structur des Axencylinders solcher Täuschung unterlegen sei, aber das ist sicher, dass manche nachträgliche Bestätigung jener Behauptung sich auf nichts Anderes bezieht, als auf faserig *gewordene* Axencylinder und dass sich ganz analoge Beobachtungen hätten an jeder Fibrinschnur anstellen lassen.

Das beim Gerinnen des Axencylinders ausgeschiedene Eiweiss kann, wie wir angenommen haben, entweder den ganzen Raum erfüllen, den früher die Flüssigkeit inne hatte, oder es kann sofort oder durch allmähliche Zusammenziehung des Gerinnsels auf einen feinen Faden reducirt werden. Man kann sich nun fragen, wie es sich erkläre, dass man jenen Raum nicht zu sehen bekommt, der durch die plötzliche oder allmähliche Retraction des Axencylinders zwischen diesem und der Markscheide sich bilden muss. Es handelt sich hierbei lediglich um das Verhalten jenes Serums, welches das Gerinnsel beim Schrumpfen aus sich auspresst; dieses Serum wird nämlich zunächst den fraglichen Raum ausfüllen. Um nun zu begreifen, dass das Mark im mikroskopischen Schnittpräparat dem Axencylinder (gerinnsel) eng anliegt, müsste man einen Anhaltspunkt haben für die Vorstellung, dass jene ausgepresste Flüssigkeit jedesmal das Mark durchtränke und dann mit diesem zusammen wieder hinreiche, den Raum von aussen her bis an die Oberfläche des

Axenfadens zu erfüllen. Einen solchen Anhaltspunkt findet man aber in den unzweifelhaften, secundären Veränderungen, die am geronnenen Marke vor sich gehen. Die charakteristischen Myelingerinnungsformen sind sämmtlich, nach der der mikroskopischen Präparation vorhergehenden „Härtung", in verschiedenen Flüssigkeiten, verschwunden, und haben einem völlig verschiedenen Bilde Platz gemacht: der lamellären Anordnung von concentrischen Cylindermänteln um den Axenfaden. Vergleichende Messungen am frischen, mit Myelinformen ausgestatteten Präparat und am Querschnittspräparat haben auch gezeigt, dass das Mark beim „Härten" an Volum zugenommen hat in jenen Fällen, in denen der Axenfaden dünn ist, hingegen seine Dimensionen nahezu bewahrt hat, wenn der Axenfaden jene Ausdehnung und Gestalt hat, die dem wirklichen Axencylinder entspricht. Man bekommt übrigens auch mitunter ganz beträchtliche Spalten zwischen dem Axenfaden und der Markscheide zu sehen.

Ich habe in diesem Aufsatze keinerlei Literaturnachweise gegeben, und zwar aus folgendem Grunde. Was ich mitzutheilen hatte, liess sich kurz sagen. Weder die Sache noch der Leser hätten durch Hinweise auf andere Schriften, oder durch eine Kritik anderer Ansichten in dem Maasse gewonnen, in welchem die Ausdehnung des Aufsatzes gewachsen wäre. Aus demselben Grunde unterlasse ich es auch, meine Anschauungen auf die Erklärung der Bilder anzuwenden, die man vom Nerven nach den unzähligen für ihn empfohlenen Präparationsmethoden erhält.

Ich breche vielmehr hier ab und wiederhole nur noch das Resultat in wenigen Worten.

Der Axencylinder ist im Leben eine Flüssigkeitssäule, deren Volum weit mehr als die Hälfte des Volums der ganzen Faser beträgt.

Das Mark nimmt in der lebenden Nervenfaser höchstens den Raum ein, welchen in der eben abgestorbenen die Myelingerinnungen einnehmen.

Die Flüssigkeit, aus welcher der Axencylinder besteht, enthält eine sehr leicht, und unter verschiedenen Umständen in sehr verschiedener Art gerinnende Substanz.

Wien, im Juli 1874.

UEBER DIE AUSSTRAHLUNGSWEISE DER OPTICUSFASERN IN DER MENSCHLICHEN RETINA

VON

PROF. J. MICHEL.

Hierzu Tafel VII u. VIII.

Die bis jetzt noch nicht mit genügender Klarheit festgestellte Art und Weise des Verlaufs der Opticusfasern in der menschlichen Retina, sowie die von klinischer Seite ausgesprochenen Bedenken gegen die Annahme einer vollständigen Kreuzung der Sehnerven im Chiasma bestimmten mich, einer Methode nachzuforschen, wodurch die Nervenfaserschichte der Retina möglichst in ihrer Gesammtheit isolirt, und so ein Ueberblick über den Faserverlauf gewonnen würde. Die zu beschreibende Methode scheint das Gewünschte in hinreichendem Maasse zu leisten.

Man durchtrenne einen menschlichen Bulbus, welcher sobald als möglich nach dem Tode herausgenommen, 4—6 Wochen in Müller'scher Lösung oder 2 procentiger Kali bichromicum-Lösung aufbewahrt war, in der Gegend der Ora serrata durch einen äquatorial geführten Schnitt, nachdem man zuvor den Nervus opticus so weit als möglich von seiner Eintrittsstelle in den Bulbus durchschnitten hat; der Glaskörper fällt gewöhnlich von selbst oder nach leichtem Schütteln des Bulbus heraus. Drei bis vier Schnitte von 6—8 Millimeter Länge führe man dann in radiärer Richtung, an verschiedenen, ziemlich gleichweit von einander entfernten Stellen durch Sklera, Chorioidea und Retina, biege zunächst die so abgetheilten Stücke der Sklera etwas um und löse sie durch Weiterführung der Schnitte bis in die Nähe der Eintrittsstelle des Opticus, zuletzt an dieser Stelle rings herum ab; die Chorioidea folgt zu gleicher Zeit fast regelmässig mit, oder kann mit einer feinfassenden Pincette entfernt werden. Während man diese ganze Manipulation über einem grösseren Objectträger ausgeführt hat, wird die Retina mit der inneren Fläche sogleich auf demselben ausgebreitet, der Rest der Chorioidea und Sklera an der Eintrittsstelle des Sehnerven entfernt, indem man mit einer Scheere zwischen diesem Reste und der Retina eingeht, und den Nervus opticus in der Lamina cribrosa durchtrennt. Die glattere Ausbreitung bewirke man dadurch, dass man den feinen Wasserstrahl einer Spritzflasche auf

das Präparat einwirken lässt. Das Wasser wird alsdann sorgfältig mit an den Rändern des ausgebreiteten Präparates angelegten Fliesspapierstreifen aufgesaugt. Auf die Retina bringe man nachher einige Tropfen einer aus gleichen Theilen Gummi arabicum und Glycerin zusammengesetzten, mit 1 Procent Acidum carbolicum versetzten und filtrirten Flüssigkeit, glätte die Retina nöthigenfalls mit einem breiten Spatel auf dem Objectträger, und lasse das Präparat, geschützt durch eine Glasglocke, liegen. In den meisten Fällen ist nach ca. 24 Stunden eine Verdunstung eingetreten (es kommt natürlich auf die Menge der aufgetropften Flüssigkeit an), die Oberfläche des ausgebreiteten Präparates erscheint etwas trocken und dasselbe klebt auf der Glasplatte an. Ist dies eingetreten, dann benutzt man eine feine Staarnadel, um zur Isolirung der Nervenfaserschichte durch Entfernung der über derselben gelegenen Schichten der Retina überzugehen. Man setze die Staarnadel ziemlich fest mit der scharfen Kante an den Grenzen der Papille auf und gehe schabend von hier aus gegen die Peripherie vor. Dass man bis auf die Nervenfaserschichte vorgedrungen ist, erkennt man leicht daran, dass eine homogene und durchscheinende Schichte sich zeigt. Mit unbewaffnetem Auge kann man die gröberen Nervenfaserbündel ziemlich deutlich wahrnehmen, mit einer Loupe gelingt dies unschwer. Um keine Risse in die Nervenfaserschichte zu machen, ist es am zweckmässigsten, mit der Staarnadel genau in den Richtungen des Verlaufs der Nervenfasern (siehe die Beschreibung) fortzuschreiten. Nachdem auf diese Weise die Nervenfaserschichte isolirt ist — eine im Ganzen viel Zeit und Geduld in Anspruch nehmende Manipulation —, kann man das Präparat durch Abspülen mit der Gummi-Glycerinlösung von den abgeschabten, theilweise zurückgebliebenen Gewebstheilen reinigen und es in derselben einschliessen; die einzelnen Nervenbündel erscheinen gelblich gefärbt. Oder, nachdem man Objectträger nebst Präparat zum Zwecke der Reinigung mit der Spritzflasche behandelt und in eine mit Aqu. destill. gefüllte Porzellanschaale getaucht hat, lässt man es $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde darin verweilen, damit das anhaftende Gummi arabicum sich auflöse. Ist dies geschehen, dann gehe man zur Färbung des Präparates (Carmin oder Hämotoxylin), Entwässerung, Aufhellung mit Nelkenöl etc. über. Die innere Fläche der Nervenfaserschichte lässt man auf dem Objectträger nach oben sehen.

Aus W. C. Wallace's (The structure of the eye. New-York 1836) Abbildung der Nervenfasern der Retina ersieht man, dass die Nervenfasern von der Papille aus radienförmig ausstrahlen, dass die nach oben und unten gehenden bogenförmig verlaufen, indem sie die Concavität des Bogens gegen die Macula wenden; hinter dem horizontalen Durchmesser der Macula nähern sich dieselben wieder. Die Macula selbst wird von den in der äusseren Hälfte der Papille entspringenden Fasern innervirt, die sehr spärlich an die Fovea centralis

herangehen, während die von oben aussen und unten aussen aus der Papille hervorkommenden Fasern in sehr starkem, die Convexität gegen die Papille zu wendenden Bogen an den Rand der Fovea centralis herangehen.

Michaelis (Ueber die Retina, besonders über die Macula lutea und das Foramen centrale. Verhandl. der Kaiserl. Leop.-Carolin. Akademie der Naturforscher. 1842. Bd. 19, 2) gibt Tafel XXXVII eine Darstellung von einem bogenförmigen Verlauf der Fasern um die Macula, sowie von einem radiären an den übrigen Stellen der Retina.

Nach Kölliker (Mikroskopische Anatomie. II. Bd. II. Hälfte. S. 670 bis 676. Leipzig 1854) verlaufen nur wenige der zum gelben Fleck ziehenden Fasern radiär, die meisten verlaufen in nach oben resp. nach unten convexen Bogen, welche am entsprechenden Rande des gelben Fleckes enden. Ueber die Macula hinaus findet noch ein bogenförmiger Verlauf der Nervenfasern statt, und zwar so, dass die Nervenbündel eine Reihe hinter einander liegender Spitzbogen bilden. „Die Scheitel aller dieser Bogen liegen in einer Linie mit dem Mittelpunkt des gelben Fleckes und dem Opticuseintritt und markiren sich, da die Bündel von beiden Seiten nicht wirklich sich verbinden, als ein hellerer Streif.“ Es entsteht somit eine eigenthümliche nathartige Zeichnung in der Fortsetzung des horizontalen Durchmessers der Macula lutea (siehe H. Müller und Kölliker [Retinatafel. Tafel XIX in Ecker's Icones physiolog. Leipzig 1854] und Schwalbe [Gräfe und Saemisch, Handbuch der gesammten Augenheilkunde. I. Bd. Anatomie und Physiologie. S. 375. Leipzig 1874]). Kölliker betont die Richtigkeit der schon früher (Gottsche, Ehrenberg und Valentin) bekannten Thatsache, dass die Nervenfasern in Bündeln beisammen liegen und unter spitzen Winkeln anastomosiren, da dies von Einigen geleugnet und einfach der parallele Verlauf der Nervenbündel angenommen (Bidder und Hannover) wurde. Nach der jüngstens von Schwalbe (a. a. O.) gegebenen Darstellung liegen die zu Bündeln gruppirten Opticusfasern in der Nähe des Sehnerveneintrittes mehrfach übereinander geschichtet. 8 Millimeter vom Sehnerveneintritt besteht die Opticusfaserschicht aus einer einfachen Lage von Nervenfaserbündeln; nach der Peripherie rücken sie immer weiter auseinander, Lücken zwischen sich lassend, welche durch die Kegel der Radialfasern ausgefüllt werden.

An der Ora serrata werden bald Endschlingen angenommen (Valentin), bald sollen weder diese noch freie Endigungen vorhanden sein, sondern die Nervenfasern spurlos verschwinden, jedenfalls die Mehrzahl derselben sich nicht bis zur Ora serrata erstrecken (Kölliker). Fr. Merkel (Ueber die Macula lutea des Menschen und die Ora serrata einiger Wirbelthiere. Inauguraldissertation. Mit 2 lith. Taf. Leipzig 1869. p. 18 und vergl. Taf. I. Fig. 13) gibt eine Flächenansicht

der Ora serrata, wonach die Opticusfasern in Bündeln verlaufen, die eine Art von Nervenplexus bilden; dieselben erstrecken sich bis an den Rand der Retina.

Liebreich (Klin. Monatsbl. f. Augenheilkunde. Jahrg. VII. 1869. S. 457) schliesst aus der ophthalmoskopischen Untersuchung des normalen menschlichen Auges, dass nach oben und unten die grössere Mehrzahl der Fasern in die Retina ausstrahle.

In der menschlichen Papille ist — worauf schon die ophthalmoskopische Untersuchung derselben aufmerksam macht — die Vertheilung der Nervenmasse eine ungleichmässige. Durch die aus- resp. eintretenden Centralgefässe erscheint die Papille in eine äussere und eine innere Hälfte getheilt. Verfolgt man jetzt, von der Einmündung der Centralgefässe ausgehend, nach den verschiedenen Richtungen die Dichtigkeit der Nervenmasse, so kann man constatiren, dass sie am dünnsten in der äusseren Hälfte direct nach aussen, dann in den zunächst nach oben aussen und unten aussen gelegenen Stellen, bereits viel dichter direct nach innen erscheint, während in allen übrigen Partien die Nervenfasern dicht gelagert gleichsam hervorquellen (s. Fig. I *e*). Mit Ausnahme der direct die Richtung nach der Macula zu einschlagenden Fasern sind die Nervenfasern zu breiten Bündeln gruppirt, doch lässt sich über ihre Breite in der Papille wenig Bestimmtes aussagen, da sie dachziegelartig übereinander geschichtet erscheinen. In der Richtung nach der Macula zu sind (s. Fig. 1 *e*) nur äusserst schmale Nervenbündel vorhanden, welche hinreichend Raum finden, um sich nebeneinanderliegend auszubreiten, ja nicht selten hier schon ganz schmale Zwischenräume zwischen sich lassen. Der Verlauf ist hier ein vollkommen gestreckter, während an allen übrigen Stellen die Bündel leicht bogenartig sich krümmen, an manchen Stellen die weiter von der Mitte entfernt aus der Lamina cribrosa herauskommenden Faserbündel (oft 6—8) sich unter spitzen Winkeln mit den centraleren Faserbündeln kreuzen, oder einfach sich zwischen sie einschieben (s. Fig. 1 *e*). Es ist dies Verhalten grossen individuellen Verschiedenheiten unterworfen, so dass hier keine Gesetzmässigkeit festzusetzen ist.

Mit der grössten Deutlichkeit tritt nun die Anordnung der Nervenfasern hervor, sobald man die Grenzen der Papille überschritten hat. Die Nervenfasern sind zunächst zu Bündeln von wechselnder Breite gruppirt, und während sie nun in der allernächsten Nähe der Papille etwas zusammengedrängt und übereinander geschichtet erscheinen, ist die Faserbündellage sonst in der ganzen Retina, mit Ausnahme einer einzigen Stelle, eine einfache (s. Fig. 1 *g*). Wie es sich schon in der Papille zeigte, so sind die nach der Macula zu ziehenden Faserbündel ungemein schmal, nach oben und unten verlaufen die bei Weitem breitesten, während direct nach innen die Bündel wiederum etwas schmäler erscheinen. Die Art und Weise des Verlaufes der Faserbündel ist direct nach aussen eine vollkommen radiäre,

ebenso ist dies nach innen, nach innen oben und innen unten nahezu der Fall. Die nach oben und unten verlaufenden Faserbündel dagegen zeigen einen bogenförmigen Verlauf, mit der Concavität nach unten, resp. nach oben gerichtet, mit der Tendenz, die Richtung nach aussen einzuschlagen (s. Fig. 1). Zum Verständniss dieses Verlaufes ist zunächst das Verhältniss der Macula zur Papille zu erörtern.

Sofort nach dem Austritte der zur Macula ziehenden Faserbündelchen aus der Papille treten zwischen denselben schmale, schlitzförmige Lücken und unter spitzen Winkeln Anastomosen der einzelnen auf. In der Mitte dieser ganzen Gruppe sind die einzelnen Bündel am dünnsten, schmälsten; je weiter sie nach oben oder unten gehen, desto breiter und dicker werden sie, die Lücken werden zugleich etwas grösser, und der Verlauf nimmt eine bogenförmige Gestaltung an. Die Stärke des Bogens wächst nun mit der Entfernung nach oben und unten von der Mitte (s. Fig. 1).

Bis an den Rand der Fovea centralis lassen sich sowohl die radiär als die schwach bogenförmig verlaufenden Bündelchen verfolgen, dann aber verlieren sie sich, ohne dass man sie noch irgendwo auftauchen sieht, in der Ganglienzellenschicht (s. Fig. 1 *f*). Während so die Grenzen der Macula nach oben, unten und innen nicht vollkommen scharf erscheinen, indem das eine Bündelchen sich bis an den Rand der Fovea centralis erstreckt, das andere noch etwas entfernt davon bleibt, ist die Begrenzung nach aussen eine scharf gezeichnete, und zwar ist dieselbe durch Faserbündel gegeben, welche ihre Concavität gegen die Macula wenden. Es haben nämlich die von oben aussen und unten aussen sowohl, als die direct von unten und oben aus der Papille entsprungenen die Macula umkreist und anastomosiren in so vollkommener Weise (s. Fig. 1), dass eine Stelle des Ueberganges nirgends zu constatiren ist. Unter spitzwinkligen Anastomosen, mit schlitzförmigen Zwischenräumen umlagern diese Bündel in concentrischen Kreisen die Macula nach aussen auf eine weite Strecke als eine continuirliche Schichte. In einer Entfernung, welche (auf der Fläche gemessen) ungefähr doppelt so gross ist, als diejenige der Fovea centralis von der äusseren Begrenzung der Papille (s. Fig. 1), verflacht sich zunächst der Bogen der oberen Faserbündel ziemlich plötzlich, und im weiteren Verlauf gegen die Peripherie wenden diese ihre Concavität sogar nach oben. Der Bogenverlauf der unteren Fasern wird nur sehr allmählich ein gestreckter und der weitere Verlauf in der Peripherie ein mehr radiärer. Sehr bedeutend ist die Differenz, in der Dicke sowohl, als in der Breite zwischen den zur Fovea centralis ziehenden Faserbündeln und den die Macula umkreisenden, ebenso sind die Zwischenräume bei den letzteren breiter.

Es hat bereits die anatomische Eigenthümlichkeit Erwähnung gefunden, dass an einer Stelle eine doppelte Lage von Nervenfaserbündeln in der Retina vorhanden

ist (s. Fig. 1 *g*). Diese Stelle findet sich oberhalb der zwischen Papille und Fovea centralis gelegenen Netzhautpartie, und zwar ungefähr ebensoweit von dieser entfernt, als die Fovea centralis von der äusseren Begrenzung der Papille. Die einzelnen Bündel sind übereinander gelagert; die eine Lage gibt an vielen Stellen dünne Bündel an die darunter liegende ab (s. Fig. 2 *b*), bis sie allmählich, immer mehr ineinander übergehend, sich in einfacher Lage an derjenigen Stelle einfügen, wo der für ihre Ausbreitung genügende Flächenraum vorhanden ist. Die Zahl der sich auf diese Weise überkreuzenden Bündel schwankt zwischen 8 - 10.

Die Ausbreitung der Opticusfasern in der Retina trägt überall den Charakter der Plexusbildung; abgesehen von der bereits besprochenen an der Macula und ihrer nächsten Umgebung treten an den übrigen Stellen deutliche Unterschiede, wenn auch mit allmählichem Uebergang, zunächst in der Dicke und Breite der peripher und central befindlichen Nervenfaserbündel auf. Successive gegen die Peripherie nimmt hauptsächlich die Dicke ab, während in Bezug auf die Breite ungefähr in der Mitte der Entfernung zwischen Papille und Ora serrata von hier gegen die Peripherie zu dies nicht mehr der Fall ist. Eine weitere Differenz zwischen centralen und peripheren Partien liegt in der Configuration der Zwischenlücken (s. Fig. 1); je nachdem die Anastomosen, deren Breite eine sehr schwankende ist, bald unter stark spitzen, bald unter nahezu rechten Winkeln abtreten (s. Fig. 1 und 4), ist dieselbe eine schlitzförmige oder fast quadratische; gegen die Peripherie verliert sich die Schlitzform mehr und mehr, es treten an ihre Stelle langgezogene ovale oder selbst rundliche bis quadratische Zwischenräume, welche in ihrer Grösse sehr differiren (s. Fig. 5). Denkt man sich auf einer flächenhaft ausgebreiteten Retina einen Kreis gezogen, mit der Papille als Mittelpunkt und einem Radius von 8 Mm., so wird dadurch diejenige Partie gekennzeichnet, wo die soeben für die Peripherie der Netzhaut hervorgehobenen anatomischen Differenzen sich allmählich geltend machen.

An der Ora serrata gehen die Nervenfasern bis zur äussersten Grenze vor (s. Fig. 5), und endigen hier meistens frei, selten dass man, wie gerade an einer Stelle der Fig. 5, einen Bündel quer herüberziehen sieht, der einen Zwischenraum abschliesst. Als ein Characteristicum dieser Gegend ist zu bemerken, dass, wenn auch nicht gerade häufig, schmale Nervenfaserbündel, von einem breiteren abgehend, ein dazwischen gelegenes Bündel überbrücken, ehe sie mit einem andern in Verbindung treten (s. Fig. 5 *c*).

Das Verhältniss der Nervenfaserbündel zu den Gefässen verdient noch eine Erörterung. In der Papille ist dies ein derartiges, dass dieselben zwischen den einzelnen Nervenfaserbündeln liegen; entweder ist der Verlauf der Gefässe gleichgerichtet mit dem der Nervenfaserbündel, oder dieselben begegnen sich unter Bildung von spitzen Winkeln. In einzelnen Fällen konnte ich constatiren, dass die zur

Macula lutea ziehenden Fasern über die Centralarterie selbst oder an einer Stelle der nach aussen unten verlaufenden, von derselben abgehenden Verzweigung hinüberzogen (s. Fig. 3 *a*), so dass die der Macula zugehörigen Nervenfasern von der inneren Hälfte der Papille herkamen, wenn wir uns an die oben erwähnte durch die Centralgefässe gegebene Eintheilung in äussere und innere Hälfte halten wollen (s. Fig. 3 *a*). (Es scheint diese individuell vorhandene anatomische Eigenthümlichkeit von Werth für die Erklärung gewisser klinisch beobachteten nervösen Erscheinungen zu sein, die unter dem Namen des „Flimmerscotomes" bekannt sind. Jede Schwankung des Blutdruckes, jeder stärkere oder geringere Füllungsgrad der Gefässe werden als einflussreiche Factoren sich äussern.)

In der Retina liegen die Gefässe gewöhnlich in einem breiteren Nervenfaserbündel, von einer gleich breiten Lage auf beiden Seiten eingeschlossen, oder sie erscheinen durch ein dickeres Bündel hindurchgesteckt (s. Fig. 4 *a c*). Häufig ragen sie mit der einen Wand oder mit dem ganzen Lumen in die zunächst nach aussen liegende Schichte der Retina (s. Fig. 4 *b*). Auf kurze Strecken können sich diese Verlaufsweisen in sehr rasch abwechselnder Weise darstellen. Im Allgemeinen folgen die gröberen Gefässe der Richtung der Nervenfaserbündel; die seitlich abgehenden Aeste haben meistens eine senkrechte Richtung auf den Verlauf der Nervenfasern und gerade diese durchbohren gewöhnlich die Dicke eines einzelnen Bündels (s. Fig. 4 *c*). An solchen Stellen, wo dies geschieht, zeigen sich die Nervenfasern sehr stark wellig gekrümmt (s. Fig. 4).

An der Ora serrata ist die Zahl der Gefässe in der Nervenfaserschichte eine spärliche, sie sind zwischen den einzelnen Nervenfasern eines Bündels gelagert, demnach in ihrem Verlauf derselben gleichgerichtet (s. Fig. 5 *a*). Bedeutend grösser ist die Menge der nach aussen von der Faserschichte sich vertheilenden Gefässe, deren Richtung im Allgemeinen eine senkrechte zu der von den Nervenfaserbündeln eingehaltene ist (s. Fig. 5 *b*).

In der Retina des Pferdes, Schweines, Ochsen und Schafes ist die Ausstrahlung der Nervenfasern eine radiäre, die Nervenfasern sind zu Bündeln gruppirt; nimmt man als Maassstab für die Innervation die Breite und Dicke der Bündel an, so ist sie nach oben und unten am schwächsten, am stärksten nach aussen. Von einem bogenförmigen Verlaufe im Sinne der Umkreisung einer Macula ist nirgends etwas zu entdecken. Die Bildung (vgl. auch Kölliker, a. a. O. Fig. 402 S. 672) der Zwischenräume und die Configuration derselben in den centralen und peripheren Partien differirt wenig von dem menschlichen Auge; gegenüber diesem wäre nur die etwas weniger häufig stattfindende Anastomosenbildung hervorzuheben.

Erlangen, den 1. August 1874.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Rechtes menschliches Auge.

a. Oben.

b. Unten.

c. Innen.

d. Aussen.

e. Papille.

f. Fovea centralis.

g. Stelle der Doppelschichtung der Nervenbündel.

Zwischenräume gelb, Nervenfaserbündel grau schattirt. Carminfärbung. Canadabalsampräparat. Hartnack IV. 3. (Zeichnung in verkleinertem Maassstabe.)

Fig. 2. Stelle der Doppelschichtung der Nervenbündel.

a. Austritt der Nervenfaserbündel aus der Papille.

b. Anastomosenbildung der oberen Schichte mit der unteren. Innere Fläche nach oben gewendet.

Nervenfasern gelb, wie in Fig. III. IV. und V. Carminfärbung. Canadabalsampräparat. Hartnack IV. 3.

Fig. 3. Eintrittsstelle des Sehnerven.

a. Die zur Macula ziehenden Nervenfasern liegen über dem Gefäss.

Carminfärbung. Canadabalsampräparat. Hartnack IV, 3,

Fig. 4. Stück der Nervenfaserlage mit Arterie aus der Nähe der unteren Grenze der Papille. Innere Fläche nach oben gewendet.

a. Gefäss in einem Nervenbündel.

b. Gefäss über der Nervenfaserschichte.

c. Durch die Dicke eines Nervenbündels hindurchtretende Verzweigung.

Gummi-Glycerinpräparat. Hartnack VII, 3.

Fig. 5. Ora serrata, nach oben die äussere Grenze derselben. Innere Fläche nach oben gewendet.

a. Gefäss in einem Bündel liegend.

b. Gefäss über der Nervenfaserschichte befindlich.

c. Eine Anastomose überbrückt einen Bündel.

Carminfärbung. Canadabalsampräparat. Hartnack VIII, 3.

(Die Zeichnungen sind von Herrn Cand. med. Königshöfer ausgeführt worden.)

DIE SPEICHELDRÜSEN VON PERIPLANETA (BLATTA) ORIENTALIS UND IHR NERVENAPPARAT

VON

C. KUPFFER.

Hierzu Tafel IX.

Bereits vor einiger Zeit habe ich auf die interessanten Verhältnisse an der Speicheldrüse von Blatta orientalis aufmerksam gemacht (Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. IX. S. 387) und dieselbe als Demonstrationsobject empfohlen, um den Zusammenhang der Nerven mit den Drüsenelementen darzuthun.

Hierbei handelt es sich um zweierlei. Einmal um den Nachweis, dass die Nervenfäserchen in den von der Membrana propria der Endläppchen umschlossenen Binnenraum gelangen, und zweitens um das Verhältniss dieser feinen Fäserchen zu den Drüsenzellen. Das Erstere ist an diesem Objecte leicht zu beobachten und ich habe seit der Publication meiner Mittheilung von mehreren Seiten die Bestätigung meiner Angabe erhalten. Schwieriger ist auch hier die Ermittelung der Art des Zusammenhanges von Nerv und Zelle, aber das sind Schwierigkeiten, die bei Inangriffnahme dieser Frage überhaupt nicht zu umgehen sein werden, und so mag es gestattet sein, dieser Frage an einem Objecte näher zu treten, das von allen bisher in dieser Hinsicht der Prüfung unterzogenen mir immer noch das bei Weitem günstigste zu sein scheint. — Man kann sich die anatomischen Verhältnisse von Nerv und Drüse nicht elementarer vorstellen, als diejenigen sind, die Haeckel an durchsichtigen pelagischen Crustaceen, der Gattung Hyalophyllum aus der Familie der Corycaeïden (Beiträge zur Kenntniss der Corycaeïden. Jenaische Zeitschrift. Bd. I. S. 82 sqq.) beschrieben hat. Da finden sich einzellige Hautdrüsen, an welche je eine Nervenfaser herantritt. Die Drüsenzellen sind ungefähr so gross, wie die Speichelzellen der Blatta orientalis, die Nervenfasern, deren Dimensionen Haeckel nicht angibt, müssen, nach den Abbildungen zu urtheilen, bedeutend stärker sein, als diejenigen sind, die es innerhalb des Drüsenläppchens der in Rede stehenden Speicheldrüse zu verfolgen gilt. Nichtsdestoweniger konnte jener ausgezeichnete Beobachter über die Verbindungsweise von Nerv und Zelle zu keinem

sicheren Aufschluss gelangen. Bald schien ihm die „Nervenprimitivröhre" sich an die Zellmembran anzusetzen, bald die letztere zu durchbohren und unmittelbar mit dem Protoplasma sich zu verbinden. — Ein anderer Beobachter, dem eine reiche Fülle vergleichend-histiologischer Kenntnisse zu Gebote steht, Leydig, sagt von demjenigen Objecte, an welchem er der Lösung des Problems noch am nächsten gekommen ist, den Hautdrüsen der Raupe von Cossus ligniperda (Ueber Organe eines sechsten Sinnes. S. 98. 99. Nov. Act. Leop. Carol. T. XXXIV): „Ein solches Gebilde sitzt in der Form eines runden Beutelchens je unter einer Borste (der Haut des rothen Rückens); es besteht aus einer homogenen Begrenzungshaut und einem körnigen Inhalte, aus welchem sich leicht buchtige Portionen abheben, welche ich früher als verzweigte Kerne auffasste. Ob sie das wirklich sind, ist mir etwas zweifelhaft geworden, da ich jetzt zu sehr glaube, dass in dem granulären Inhalte des Drüsensäckchens gewöhnliche, runde Kerne in grösserer Zahl vorhanden sind und ausserdem in dem buchtigen, selbst in Essigsäure hell bleibenden Körper noch ein sehr blasser Nucleus sammt Nucleolus unterschieden werden kann. Wie verhalten sich nun im Näheren die Nerven zu diesen Hautdrüsen? — — — Es gehen beträchtlich dicke Züge, die man füglich Nervenbündel nennen könnte, zu besagten Organen. — — — Nach sorgfältiger Behandlung des Objectes liess sich blos so viel sehen, dass innerhalb der granulären Substanz (Protoplasma) sich ein feines mannigfach durchflochtenes Streifensystem hinzog, mit besonderer Richtung gegen den hellen, buchtigen Innenkörper („verzweigten Kern"). Man könnte dabei zu dem Glauben kommen, dass die zarten Streifen luftleer gewordene, feinste Tracheen seien; weshalb ausdrücklich bemerkt sein mag, dass die von mir auf nervöse Substanz gedeuteten Streifen zugleich mit den noch lufterfüllten, feinsten Ausläufern der Tracheen wahrgenommen werden können." Also in beiden citirten Fällen hat es sich nicht mit Sicherheit entscheiden lassen, dass die Nervenfaser sich mit der secernirenden Zelle unmittelbar verbindet. An der Speicheldrüse von Blatta gelingt es mir unter gewissen Cautelen jedes Mal. Hierdurch allein wird ein nicht zu unterschätzender Fortschritt bedingt, und so halte ich mich denn befugt, wiederholt diese Organe der Beachtung zu empfehlen.

Bau und Lagerung der Drüse im Allgemeinen.

In die Mundröhre der Blatta senkt sich von der ventralen Seite her ein tracheenartig gebautes Rohr ein, das, rückwärts verfolgt, an der Unterseite des Oesophagus verläuft und noch vor der Mitte des Oesophagus sich gablig theilt.

Beide Aeste laufen in derselben Richtung weiter und münden ein jeder in den Saugmagen seiner Seite. Hart kopfwärts von der Theilungsstelle dieses Saugrohres verbindet sich mit demselben ein anderer, abweichend gebauter Kanal, der sich etwas weiter rückwärts ebenfalls gabelt. Das ist der Ausführungsgang beider Speicheldrüsen. Der aus der Theilung dieses gemeinsamen Ganges hervorgehende Speichelgang jeder Seite verläuft nun zusammen mit dem entsprechenden Saugrohr, dem Oesophagus enge anliegend, zu der Drüse seiner Seite, die mit dem Saugmagen derselben Seite durch zahlreiche, von einem zum anderen Organ hinüberziehende Nerven und Bindegewebsstränge enge verbunden ist.

Die Lappen beider Drüsen umlagern den Oesophagus in seiner hinteren Hälfte und erstrecken sich bei erwachsenen Thieren bis zum Verdauungsmagen. Die 20—30 primären Lappen jeder Drüse bilden zusammen einen länglichen, platten Körper ohne gemeinsame Hülle, und es theilt sich der Ausführungsgang zwischen den Lappen in gleichfalls freiliegende Aeste. Zu jedem Lappen tritt ein Ast und senkt sich in die Mitte desselben, um sich dann weiter zu ramificiren. Wie der Gesammtdrüse, so fehlt auch den primären Lappen derselben eine umschliessende Hülle; sie zerlegen sich leicht in die ebenfalls hüllenlosen Gruppen zweiter und dritter Ordnung, bis man auf das von einer Propria prall umschlossene Endläppchen stösst, das als *Acinus* bezeichnet werden soll.

Zusammengehalten werden diese Lappen und Läppchen untereinander, abgesehen von den Ausführungsgängen und Tracheen, durch ein System von Strängen, die zwischen ihnen ausgespannt sind, und in der überwiegenden Mehrzahl sich als Nerven ausweisen (s. Fig. 1 *D E*). Diese bilden zwischen den Abtheilungen der Drüse Geflechte, und sind mittels ihrer Scheiden an die Propria der Acini angeheftet.

Durch den Mangel an interstitiellem Gewebe und umschliessenden Membranen eignet sich die Drüse besonders dazu, über die Beziehungen sämmtlicher in die Zusammensetzung eingehender Theile zu einander, ohne irgend welche präparatorische Manipulationen, einen Ueberblick zu gewähren. Das Secret ist wässerigflüssig, und nie habe ich in irgend einem Theile des Ausführungsgangsystems feste Residuen oder Gerinnsel angetroffen.

Die Ausführungsgänge.

Dieselben bestehen zu äusserst aus einer homogenen, zarten Haut, die, isolirt, sich leicht in feine, streifige Falten legt An den Acinis geht sie unverändert in die gleichartige Propria der letzteren über. Dieser Membrana propria der Gänge sitzt ein hohes Cylinderepithelium auf, das nur an beiden Enden des Gangsystems, nämlich an der Einmündung des unpaaren Stammes in das Saugrohr, und an den äussersten Endästen, vor dem Eindringen in die Acini sich abflacht (s. Fig. 1 bei *F*). Die Cylinderzellen zeigen in exquisitem Grade jene Structur, die Pflüger (Stricker, Handb. der Lehre v. d. Geweben. Artik. Speicheldrüsen) zuerst an den Epithelien der Speichelgänge, Heidenhain (Arch. f. mikrosk. Anat. B. X. S. 5 ff.) neuerdings an Nierenepithelien ausführlich dargelegt hat; d. h. sie haben einen fibrillären Bau. Schon im frischen Zustande erscheinen sie deutlich längsgestreift und, vom Ende betrachtet, punctirt. Erhärtung mit Spiritus, oder mit Osmiumsäure macht die Erscheinung noch prägnanter, und es genügt ein leichter Druck, um sie der ganzen Länge nach in Fibrillen zerfallen zu lassen, wobei der in der Mitte gelegene länglich elliptische Kern isolirt wird. Dieselbe Wirkung hat Schwefelsäure von 2—10 Procent. In schwächerer Lösung, 0,25 – 1 Procent, lockert sie rasch den Zusammenhang der Fibrillen, die ohne weiteres Zuthun auseinanderfallen. Concentrirte Kalilösung von 30—33 Procent kann 24 Stunden lang auf die Drüse einwirken, ohne diese fibrilläre Substanz zu lösen, aber sie ändert doch wesentlich das Aussehen der Cylinder. Es erscheinen in Folge dieser Behandlung zwei deutlich unterschiedene Abschnitte an den Cylindern, ein äusserer, etwa zwei Drittel der Länge einnehmender, von fibrillärem Aussehen, und, davon scharf geschieden, der innere, ein Drittel der Länge messender, der hyalin, stark lichtbrechend und sehr fein gestrichelt erscheint, wie ein mächtiger Cuticularsaum. Einen ähnlichen hyalinen Abschnitt hat Heidenhain auch an dem „Stäbchenepithel" der gewundenen Harnkanäle gefunden. Hier an meinem Objecte ist es nur auffallend, dass dieser innere, hyaline Theil vorher kaum oder gar nicht zu erblicken ist. Es muss eine dünne Substanzlage sein, die durch das Kali enorm aufquillt. Setzt man nach der Behandlung mit Kali Wasser hinzu, so zerfliesst Alles: Fibrillen, hyaline Substanz und Kerne fast augenblicklich.

Aetzammoniak löst die fibrillären Cylinder sehr rasch vollständig auf. Behandelt man die frische Drüse mit Wasser, stark verdünnten Säuren oder Alkalien, ebensolchen Salzlösungen, z. B. 0,25% Kochsalzlösung, so hebt sich die homogene Membrana propria von diesem fibrillären Epithel auf längere Strecken glatt ab; der Zusammenhang beider ist ein sehr loser. Durch diese einfache Procedur lässt sich constatiren, dass sowohl Tracheenendzweige, wie Nerven, die Membrana durch-

bohrend in das Epithel eindringen. Ueber das nähere Verhältniss derselben zum Epithel habe ich aber nicht befriedigenden Aufschluss erlangen können. Gegen das Lumen der Gänge trägt dieses Epithel eine chitinisirte Cuticula, die durch ringförmig verlaufende Verdickungsreifen ein quergestreiftes Aussehn erhält, ähnlich einer Trachee (cf. Fig. 1 *A*). Die Bildung hat aber nicht die Regelmässigkeit wie bei einer Trachee. Die Verdickungsreifen theilen sich hin und wieder, sind stellenweise unterbrochen, also nicht in fortlaufender Spirale ausgebildet; man kann sie daher auch nicht abhaspeln. Sie finden sich noch innerhalb der Acini der Drüse, bis nahe an die letzten, blinden Enden des Gangsystems. Die Cuticula widersteht allen Lösungsmitteln, durch welche die fibrillären Cylinderzellen zerstört werden.

Die Acini.

Die Endläppchen oder Acini der Drüse sind rundliche, von zwei Seiten abgeplattete, also ungefähr scheibenförmige Körper. Der Durchmesser der Scheibe beträgt 0,1 — 0,2 Mm. Zu jedem Acinus tritt ein Endzweig des Ausführungsganges, und zwar meist an das Centrum, seltener an den Rand desselben. An der Berührungsstelle beider geht die homogene Membrana propria des Ganges unverändert in die den Acinus prall umschliessende Membran über. Das Epithel des Endzweiges zeigt nicht mehr die cylindrischen Formen, sondern kleine Zellen, deren Breite die Höhe merklich übertrifft. Dieselben stossen an der Vereinigungsstelle des Endzweiges mit dem Acinus unmittelbar an die bedeutend grössern Zellen des Acinus. Von den Bestandtheilen des Endzweiges setzt sich nur die chitinisirte Cuticula in das Innere des Acinus fort, und zwar in der Weise, dass das von derselben umschlossene Rohr an der Eintrittsstelle in mehrere feinere Röhrchen sich theilt, die in radiären Richtungen zwischen den Zellen des Acinus hindurch gegen die Oberfläche hinziehen, um mit geschlossenen Kapseln in den peripherisch gelegenen Zellen des Acinus zu enden.

Bisweilen zerfällt an der Eintrittsstelle das Cuticularrohr des Endzweiges quirlförmig in die Cuticularröhrchen des Acinus (Fig. 1, *F*); in andern Fällen erfolgt die Ramification successive (Fig. 1, der neben *F* gelegene Acinus mit theilweise zerstörter Oberfläche). Den Acinus als Ganzes hat man sich demnach vorzustellen: als ein abgeplattetes, rundliches Säckchen, das im Innern prall mit Zellen angefüllt ist, die nach Grösse und Gestalt etwa den Leberzellen des Menschen ähnlich sind. Ihr Durchmesser schwankt von 0,018 bis höchstens 0,03 Millimeter.

Zwischen diesen Zellen sind gar keine anderen Hohlräume, als die engen Lumina der bereits erwähnten Cuticularröhrchen.

Man hat die Zellen des Acinus in zwei Kategorien zu scheiden: in die peripherischen, unmittelbar unter der Membrana propria gelegenen, und die centralen, die das Innere des Acinus erfüllen. Dieselben unterscheiden sich nach mehr als einer Hinsicht.

Die peripheren Zellen erscheinen von dichterer, compacterer Substanz, nach Behandlung mit Osmiumsäuredämpfen dunkler, als die centralen. Demgemäss erwiesen sich die erstern auch resistenter bei Macerationen, mag man nun Wasser, Jodserum, schwache Osmiumsäurelösung von 0,1 Procent Gehalt, Goldchlorid in macerirender Verdünnung etc. anwenden. Applicirt man Substanzen, die die Zellen quellen machen, z. B. Kali oder Natron, namentlich aber Nickeloxydul-Ammoniak, so beginnt der Quellungsvorgang regelmässig zuerst an den centralen. Sie drängen sich zwischen die an dem Vorgange noch nicht theilnehmenden, peripheren hindurch; erst später folgen diese nach. Der Hauptunterschied ist aber ein anatomischer: Innerhalb jeder peripheren Zelle findet sich, central gelegen, eine birnförmige, oder besser retortenförmige Kapsel (cf. Fig 1 *f*, *h* und Fig. 2 *h*), die den centralen Zellen durchaus fehlt. Dadurch, dass die Kapsel ziemlich die Mitte der betreffenden Zelle einnimmt, wird der Kern verdrängt, und liegt an den peripheren Zellen stets excentrisch. Osmiumsäure bräunt die Kapsel lebhafter, als die Zellsubstanz; sie fällt dadurch scharf in's Auge und man kann so, auf den ersten Blick, periphere und centrale Zellen von einander unterscheiden, und mit Bestimmtheit constatiren, dass die peripheren Zellen nur in einfacher Lage unter der Membrana propria sich finden. Ferner zeigt es sich, dass stets je zwei periphere Zellen zu einem System enger mit einander verbunden sind, als mit den benachbarten. Die Trennungslinie zwischen den beiden Gliedern eines solchen Zellenpaares ist nicht so scharf und bestimmt, als die Grenzen zwischen je zwei paarigen Systemen, aber immerhin ist eine Trennung vorhanden. Die beiden Kapseln des Zellenpaares neigen sich gegen einander, und vereinen sich an der centralen Seite beider Zellen, genau entsprechend der Trennungslinie zwischen denselben, um sich in ein beiden gemeinsames, feines Röhrchen fortzusetzen, das von dem paarigen Systeme aus zwischen die centralen Zellen des Acinus tritt und sich als das Ende eines der oben erwähnten Cuticularröhrchen erweist, die radiär durch den Acinus ziehn. Also jedes der feinen Cuticularröhrchen verläuft auf je ein paariges System peripherer Zellen hin und theilt sich an der Grenze des Systems in die beiden intracellularen Kapseln, die seine erweiterten, blinden Enden darstellen. Die Querstreifung des chitinisirten Cuticularröhrchens, durch die Verdickungsreifen der Cuticula bedingt, ist bisweilen bis hart an die beiden kapselhaltigen Zellen zu

verfolgen, verschwindet aber in der Regel schon etwas früher, geht nie auf die Kapseln selbst über. —

Es kann kein Zweifel sein, dass diese Kapseln als die erweiterten Anfänge des ausführenden Röhrensystems das Secret der peripheren Zellen, innerhalb welcher sie gelegen sind, aufnehmen und mit Wahrscheinlichkeit wird man annehmen dürfen, dass die selbstständige, eigenartige Wand der Kapseln activ bei der Secretion, d. h. bei der Scheidung des Secrets von der Zellsubstanz betheiligt ist.

Gewinnt die Kapsel hierdurch ein besonderes physiologisches Interesse, so rechtfertigt sich wohl eine genauere Prüfung derselben.

Als durchschnittliche Maasse kann ich nach mehreren Messungen, die theils an frischen, theils an leicht mit Osmiumsäuredämpfen behandelten Drüsen vorgenommen waren, folgende angeben: die Länge der Kapseln beträgt 0,015 Millimeter, der Dickendurchmesser an der Stelle des grössten Umfanges 0,006—8 Millimeter, die Dicke der Wand am Grunde der Kapsel 0,002 Millimeter. Sie verdünnt sich allmählich bis zum Uebergange in die äusserst dünne Wand des Cuticularröhrchens.

Die Kapselwand grenzt sich durch einen scharfen, ebenmässigen Contour gegen die Zellsubstanz ab, und erscheint ihrer Dicke nach fein gestrichelt, wie der Saum von Darmepithelien. In frischem Zustande ist die Substanz derselben durchaus hyalin und schwach lichtbrechend, ändert aber das Aussehen und Lichtbrechungsvermögen unter dem Einflusse verschiedener Agentien sehr bedeutend.

Der chemischen Constitution nach besteht diese Kapsel nicht aus Chitin, trotzdem sie sich continuirlich in die chitinisirte Cuticula des Röhrchens fortsetzt, sondern schliesst sich den Eiweisskörpern an.

Aetzammoniak löst die Kapselwand rasch und vollständig auf, Kali und Natron verhalten sich, je nach der Concentration etwas verschieden: 2procentige Kalilösung verdichtet in der ersten Viertelstunde die Substanz, und erhöht den Glanz und das Lichtbrechungsvermögen derselben. Darnach beginnt ein Quellen der Wand, das bis zum Verschwinden des Hohlraumes vorschreiten kann; und erst nach mehreren Stunden erfolgt partielle Lösung, die von innen, d. h. von der Kapselhöhle aus, nach aussen vorschreitet.

30—33 procentige Kalilösung contrahirt und verdichtet die Kapseln zunächst bedeutend, die Quellung tritt später ein, als bei der schwachen Lösung und erreicht nicht denselben Grad, die theilweise Lösung bleibt nicht aus, indessen ist nach 24 Stunden die verdünnte Kapsel noch immer sichtbar.

Setzt man, nachdem das Kali etwa eine Viertelstunde lang eingewirkt hat, Wasser hinzu, so erfolgt fast momentan Lösung der Kapsel, wie der gesammten Drüse, mit Ausnahme natürlich der Chitincuticulae; auch die feinsten Röhrchen bleiben bis hart an die Kapsel erhalten.

Natron wirkt ähnlich; die Quellung ist bedeutend, nach 10—15 Stunden sieht man an Stelle der Kapseln grosse, helle Flecke. Wäscht man aber nun mit Wasser aus, so erfolgt nicht Lösung, sondern es treten die Gebilde als glänzende, stark lichtbrechende, anscheinend solide Körper wieder schärfer hervor. Ein leichter Druck genügt nun, um sie in keilförmige Stücke zu zerspalten.

1—10 procentige Kochsalzlösung hat bedeutendes Einschrumpfen zur nächsten Folge, darauf zugesetztes Wasser ein um so stärkeres Aufquellen, je concentrirter die vorher angewandte Salzlösung war. Die Spaltbarkeit in keilförmige Stücke ist darnach sehr ausgeprägt.

Essigsäure bewirkt unter keinen Umständen Trübung der Kapselwand; in mittleren Concentrationen aber eine ähnliche Quellung wie die vorigen Reagentien.

Verdünnte Schwefelsäure löst langsam einen Theil der Substanz, aber selbst nach 48 Stunden ist immer noch eine, allerdings sehr dünnwandige Kapsel sichtbar.

Salzsäure von 0,1 Procent bringt nach 1—2 Stunden vollständige Lösung zu Stande.

Nickeloxydammoniak in der Concentration angewandt, die Seide löst, bringt kaum eine Aenderung an den Kapseln hervor, in starker Verdünnung dagegen bewirkt das Mittel einen bröckeligen Zerfall der gesammten Zellen, und ebenso der Kapseln.

Nach allen diesen Reactionen stimmt diese Substanz mit derjenigen überein, die in dünner Lage an den inneren Enden der Cylinderzellen des Gangsystems, unmittelbar an die Chitinhaut angrenzend sich findet, und erst durch das Aufquellen in Kali deutlich sichtbar wird. — Ungeachtet der relativen Dicke der Kapselwand ist dieselbe doch im hohem Grade permeabel für Flüssigkeiten, namentlich Wasser und wässrige Lösungen verschiedener Stoffe: wie schwache Zuckerlösung, ½procentige Kochsalzlösung, stark verdünnte Essigsäure. Fast momentan nach Application eines Tropfens auf die frische Drüse erfolgt ein beträchtliches Aufblähen der Kapsel bis zum dreifachen Volumen, unter Verdünnung der Wand, so dass die umgebende Zellsubstanz durch die Ausdehnung des eingelagerten Körpers auf eine dünne Schicht reducirt wird, oder zerreisst.

Soviel von den Kapseln. Die Zellkerne zeigen nichts Eigenartiges, sondern entsprechen in ihrem Verhalten den Charakteren der Kerne überhaupt. Wie schon erwähnt, ist die Lagerung derselben eine verschiedene in den centralen und peripherischen Zellen. Dort liegen sie in der Mitte, sind durch die Kapsel aus der Mitte gegen die Peripherie verschoben. Niemals liegt der Kern der Kapsel unmittelbar an, sondern es findet sich stets ein messbarer Zwischenraum zwischen beiden. Ein Kernkörperchen als reguläres Gebilde fehlt durchaus.

Die Nerven.

In meiner ersten Mittheilung (a. a. O. S. 391) habe ich bereits hervorgehoben, wie überraschend reich der Nervenapparat dieser Drüse entwickelt ist, und dabei erwähnt, dass derselbe seine Wurzeln von zwei Seiten her bezieht, nämlich aus dem Ganglion supraoesophageum und dem Eingeweidenervensystem einerseits, und aus der Bauchganglienkette andererseits.

Die anatomischen Verhältnisse der Nervencentren sind verwickelter Art, und würden zur völligen Aufklärung eine besondere, eingehende Darstellung verlangen. Zum Verständniss der histiologischen Beziehungen zwischen den Nerven und der Drüse bedarf es einer solchen nicht, da sich Differenzen im Verhalten der aus verschiedenen Wurzeln stammenden Nerven zu den Acinis der Drüse nicht nachweisen lassen; es gehen vielmehr alle schliesslich in ein continuirliches auf und zwischen den Läppchen gelegenes Geflecht über, dessen Endäste sich gleichartig verhalten.

Immerhin ist die Thatsache, dass diese Speicheldrüse eines Insekts, gleich den Speicheldrüsen der Vertebraten, ihre Nerven aus zwei Gebieten bezieht, an und für sich interessant genug, um wenigstens eine kurze Darlegung zu verdienen.

Vom Ganglion supraoesophageum aus läuft der unpaare Eingeweidenerv über den Oesophagus hin zum Verdauungsmagen und mündet dort in ein dreieckiges Ganglion, von welchem aus er gespalten weiter verläuft. Dieser Nerv bezieht ausserdem noch zahlreiche und starke Wurzeln: 1) aus einem platten, runden, vor dem Ganglion supraoesophageum gelegenen Knoten; 2) aus mehreren ziemlich symmetrisch geordneten Ganglienpaaren, die gleichfalls über dem Oesophagus, hinter dem Oberschlundganglion ihre Lage haben, und mit ihren Zweigen und Verbindungen das paarige Eingeweidenervensystem darstellen. Auf der Strecke nun zwischen den aus dem letzterwähnten System sich ihm anschliessenden Wurzeln, und jenem dreieckigen Magenganglion entsendet der unpaare Eingeweidenerv zahlreiche Zweige an die beiden Saugmagen und Speicheldrüsen, in medianem Verlauf zwischen denselben hindurchziehend. Diese Zweige verästeln sich an beiden Organen.

Ferner entsendet das Ganglion supraoesophageum noch je einen feinen Zweig direct zu den beiden Drüsen. Das sind also die supraoesophagealen Drüsennerven. Der zweite Zug der Nerven liegt an der ventralen Seite des Oesophagus. Derselbe besteht aus zwei Hauptnerven, die aus der paarigen Längscommissur zwischen dem Ganglion infraoesophageum und dem ersten Brustganglion, bisweilen auch aus dem letzteren austreten. Ihre Ursprungsstätte ist ohne Zweifel das Ganglion infraoesophageum. Diese Nerven schliessen sich enge dem Stamme des Ausführungsganges der Drüsen, und dem Saugrohr der Saugmagen an, und gelangen so an die Drüsen.

Vereinzelt treten noch kleinere Zweige vom ersten Brustganglion aus an die Gänge heran.

Ausgezeichnet sind diese infraoesophagealen Nerven durch ihre Combination mit eigenartigen, spindelförmigen Ganglien, die theils einzeln, theils in langgezogenen Gruppen in ihren Verlauf eingeschaltet sind. Die Nervenzellen sind dadurch charakterisirt, dass sie stets Fett in Tröpfchen oder punctförmiger Vertheilung eingelagert enthalten, weshalb sie bei Behandlung mit Osmiumsäure eine hervorstechend graue bis schwarze Färbung annehmen. Ausser diesem Fett finden sich in denselben noch häufig ellipsoidische, glänzende Körper von etwas festerer Consistenz, die ebenfalls durch Osmium sich schwärzen.

Die supraoesophagealen Drüsennerven treten an die Oberfläche der Drüse, die infraoesophagealen begeben sich längs den Gängen zunächst in das Centrum der gesammten Drüsenmasse. Hier tritt nun noch ein Glied zu diesem Apparate hinzu, nämlich ein grosses Drüsenganglion von langgestreckter Form, das meist breiter beginnt, und dann sich spaltend in schmälere Enden sich auszieht. Diese Enden können auf weitere Strecken, wie Fig. 1 *C* es zeigt, aus einer einfachen Nervenzellenkette bestehen. Wie die oben erwähnten Ganglien, enthalten auch die Zellen dieser letzteren stets Fett in gröberer oder feinerer Vertheilung, und häufig auch jene glänzenden Ellipsoide. Es erscheint das Drüsenganglion durchaus als das Endglied des gesammten gangliösen Systems dieser Nervengruppe, und so verbindet es sich denn auch nicht mit der Gesammtheit der die Gänge begleitenden Nerven, sondern nur mit wenigen Zweigen. Die aus demselben austretenden Zweige schliessen sich dem interacinösen Plexus an.

Noch einer weiteren Eigenthümlichkeit dieser zweiten Gruppe der Drüsennerven muss Erwähnung geschehen: der engen Beziehung, die sie streckenweise mit der Tracheenscheide eingehen können. Es zieht mit dem Ausführungsgange ein Tracheenstamm zur Drüse, und verästelt sich ziemlich übereinstimmend mit den Gängen. Die Scheide desselben besteht aus epithelartig an einander schliessenden, platten Zellen mit rundlichen Kernen Tritt ein Nerv an diese Scheide heran, so verdickt sich dieselbe beträchtlich an dieser Stelle, und gewinnt eine entschiedene Aehnlichkeit mit der Substanz der Nervenzellen (Fig. 1 bei *c'*): sie erscheint fein granulirt, es zeigen sich dieselben, glänzenden, durch Osmiumsäure sich schwärzenden Ellipsoide, sowie Fett darin, und man sieht aus dieser verdickten Strecke andere Nerven in peripherem Verlauf hervorgehen. Nie aber gewahrt man die Nervenfibrillen in continuirlichem Zuge durch diese so modificirte Strecke der Tracheenscheide hindurchziehen. Das Verhältniss ist durchaus dasselbe, wie das einer Ganglienmasse, die den Verlauf eines Fibrillenstranges unterbricht. Es ist nach meiner Ansicht nicht daran zu zweifeln, dass solche Stellen die Bedeutung von Nerven-

centren haben. Hie und da sieht man auch die erwähnten Nervenzellenketten sich an diese Stelle der Tracheenscheide anlehnen und Verbindung eingehen, wie in Fig. 1 *c'* es versucht worden ist darzustellen.

Fasst man Alles, was eben gesagt worden ist, zusammen: den Ursprung der supra- und infraoesophagealen Nerven aus verschiedenen, centralen Regionen, die Einschaltung der eigenartigen Ganglien in den Verlauf der infraoesophagealen Nerven, das alleinige Vorkommen der glänzenden Ellipsoide in denselben, die Verbindungen mit dem Drüsenganglion und der Tracheenscheide, woran die supraoesophagealen durchaus nicht theilnehmen, so hat man, anatomisch, allen Grund, eine differente Bedeutung beider Nervengruppen zu statuiren. Mein Bestreben ist daher darauf gerichtet gewesen, sei es Unterschiede in dem Verhalten der aus beiden Gruppen stammenden Endzweige zu den Acinis zu eruiren, sei es den sicheren Nachweis zu führen, dass eine einzelne Zelle Fibrillen beider Gruppen erhält. Dies Bemühen ist erfolglos gewesen. Ich sehe Fibrillen aus Zweigen des Eingeweidenerven ganz in derselben Weise in kapselhaltige Zellen eintreten, wie Fibrillen der anderen Nervengruppe. Nur das Eine lässt sich mit Sicherheit sagen: die Epithelien der Gänge erhalten keine Zweige vom Eingeweidenerven, sondern ausschliesslich solche von den sie begleitenden Nerven der zweiten Abtheilung.

Man könnte nun meinen, ein solches Bemühen sei überhaupt müssig, da das noch zu beschreibende, terminale Geflecht, das theils auf der Oberfläche der Acini, theils zwischen denselben gelegen ist, auf rückläufigem Wege eine Mengung der Fibrillen beider Gruppen in sämmtlichen Zweigen zu Stande bringen könne. Indessen liegen die Verhältnisse, im Vergleich zu einer beliebigen Wirbelthier-Drüse, hier doch so einfach vor, dass es keineswegs thöricht erscheint, sich so subtile Aufgaben zu stellen.

Der Eingeweidenerv lässt sich ziemlich leicht unter der Loupe mit Nadeln vom Oesophagus trennen, und es gelingt, bei einiger Vertrautheit mit dem Objecte, einen beliebigen Zweig desselben in Verbindung mit dem nächsten Acinus, den dieser Zweig in seinem Verlauf zum terminalen Geflecht vorher berührt, der mikroskopischen Prüfung zu unterziehen. Man kann dann nicht selten mit aller wünschenswerthen Sicherheit entscheiden, dass diejenigen Fibrillen, die an der Berührungsstelle von Nerv und Acinus in die beiden nächsten kapselhaltigen Zellen eintreten, sämmtlich den Verlauf vom Centrum her einhalten. Aber für eine andere Entscheidung fehlen mir die genügenden Methoden, nämlich für die, ob die betreffende Zelle, die von der Oberfläche her Fibrillen des einen Nervengebietes erhalten hat, nicht durch das Centrum des Acinus hindurch andere bezieht.

Alle Nerven, um die es sich hier handelt, haben im Wesentlichen denselben Bau: eine laxe, homogene Scheide und einen Axenstrang von Fibrillen (Fig. 2 *a*);

zwischen beiden eine Flüssigkeitsschicht. Je feiner die Zweige sind, desto loser liegen die Fibrillen an einander, und können sich auch von einander lockern und sich durch den ganzen von der Scheide umschlossenen Raum vertheilen. An stärkeren Stämmen zeigt der Axenstrang eine secundäre Zusammensetzung aus mehreren Bündeln, die ihrerseits durch zarte Scheiden getrennt sind. Kerne findet man zweierlei: sehr spärliche Scheidenkerne und zahlreiche Nervenkerne, die sowohl im Innern, wie an der Oberfläche des Axenstranges gelagert sind, und bis zu den feinsten Nervenzweigen angetroffen werden. Dieselben stehen nicht in festerem Zusammenhange mit den Fibrillen, sind bald von mehr, bald von weniger granulirter Substanz umgeben, vereinzelt oder in Gruppen zusammenliegend.

Die Fibrillen erscheinen in ganz frischem Zustande blass und gleichartig. Sehr bald aber treten an ihnen die charakteristischen feinen Körnchen und Knötchen auf.

An den Acinis sowohl, wie zwischen denselben verbinden sich die Nervenzweige aus beiden Abtheilungen zu dem Drüsengeflechte, aus welchem zahlreiche Endzweige hervorgehen, welche die in meiner ersten Mittheilung bereits geschilderte enge Vereinigung mit den Acinis aufweisen. Es genügt, zwei Läppchen der Drüse auf dem Objectträger aus einander zu ziehen, um den dazwischen gelegenen Theil des Geflechtes zu überblicken.

Man darf, wenn es sich darum handelt, die Verbindungen der Nerven mit den Acinis zu untersuchen, nicht übersehen, dass zahlreiche Stränge des Geflechtes nicht zwischen den Acinis, sondern unmittelbar auf der Oberfläche derselben, enge mit der Aussenfläche der Membrana propria verbunden, hinziehen (Fig. 1 *a b*, Fig. 2 *f*). Solche Züge gehen von einem Acinus auf den andern, von einem Läppchen auf das benachbarte über, und könnten bei flüchtiger Untersuchung den Eindruck machen, als fände ein Durchsetzen der Membrana propria der Acini überhaupt nicht statt, als endigte der Nervenapparat vielmehr mit diesen umspinnenden Zügen.

Indessen müsste die Prüfung des Objectes doch eine gar zu flüchtige sein, wenn über diesen aufliegenden Zügen die perforirenden Endzweige übersehen werden sollten, die in grosser Zahl sowohl aus den freiliegenden Strängen des Geflechtes, wie aus diesen mit der Propria enge verbundenen, umspinnenden Nerven, und endlich auch aus den an das Geflecht erst herantretenden, stärkeren Zweigen hervorgehen, sich meist mit etwas konisch erweitertem Fuss an die Läppchen inseriren, ihre Scheide mit der Membrana propria des Läppchens vereinen, und die Fibrillen in das Innere entsenden.

Die Verbindung der Nervenfibrillen mit den Drüsenzellen.

So grosse Vorzüge das in Rede stehende Object mir auch bei Lösung des Problems darzubieten scheint, so will ich doch nicht den Glauben wecken, als lägen die Dinge, die hier beschrieben werden sollen, ganz auf der flachen Hand. Es handelt sich immerhin um diejenigen Schwierigkeiten, die allen Denen bekannt sind, welche den letzten Schicksalen vereinzelter Fibrillen nachgegangen sind.

Ich schicke voraus, dass erhärtete Präparate überhaupt für diese letzte Untersuchung nicht geeignet sind. Die Membrana propria schmiegt sich den Zellen des Acinus enge an, und das wird durch Erhärtung nur gesteigert. Je praller die Membran, und je dichter die Zellen aneinander gedrängt sind, desto schwieriger die Entscheidung. Es kommt Alles darauf an, dass die Membran in der nächsten Umgebung des Nerveneintritts von den Zellen gelöst und endosmotisch abgehoben wird, dann hat man zwischen der Stelle, wo der Fibrillenstrang des Nerven die Membran durchsetzt und den nächsten Zellen einen völlig freien, pelluciden Raum, und hat weiterhin den Vortheil, dass die Fibrillen gespannt werden, und in ihrem Verlauf das Niveau nicht wechseln. Das erreicht man aber leicht an der frischen Drüse, oder auch an einer, die 10—15 Secunden lang den Dämpfen von Osmiumsäure oder Jod ausgesetzt war, wenn man als lockernde Flüssigkeit Jodserum oder 2procentige Kalilösung anwendet. Das Präparat bleibt dann 1—2 Stunden lang durchaus geeignet zur Untersuchung. Am besten wählt man zur genaueren Prüfung eine derartige Situation der Elemente, wie die Fig. 2 sie darstellt, wo der Nervenendzweig die Peripherie des Acinus, entsprechend der Trennungsebene der beiden Kapselzellen eines Systems, trifft, und diese Zellen derart vorliegen, dass die Axen ihrer Kapseln sich in der Horizontalen befinden. Man wird solchen Lagerungsverhältnissen stets begegnen, wenn man die Peripherie einiger Acini rasch durchmustert. Zur Wahrnehmung genügt das Immersionssystem Hartnack Nr. X vollkommen. Ich habe mich mit grossem Vortheil ausserdem des neuen Systems Nr. XII von Kraft und Seibert bedient, das ich mit Hartnack'schen Ocularen combinire. Es bietet eine beträchtlich stärkere Vergrösserung, bei durchaus befriedigender Klarheit.

Man wird stets finden, dass der Nervenendzweig bedeutend mehr Fibrillen führt, als in die beiden nächsten Zellen eintreten. Die Mehrzahl derselben streicht hart an der Innenfläche der Membrana propria weiter, also zunächst in der Richtung zu den benachbarten peripherischen (Kapsel-) Zellen und es ist mir wohl hin und wieder gelungen, einige Fibrillen in die zweite oder dritte Zelle, von der Eintrittsstelle aus gerechnet, eindringen zu sehen, nie habe ich dieselben sicher zwischen peripheren Zellen hindurch bis zu den der Kapsel entbehrenden, centralen verfolgen können; alle Angaben beziehen sich also ausschliesslich auf die Kapselzellen.

Ausnahmslos gewahrt man nun, bei einer günstigen Lagerung der Theile, dass aus dem Fibrillenbündel des Nervenendzweiges sich einige separiren, und isolirt durch den freien Raum hindurch, der von der abgelösten Membran überspannt wird, an die beiden vorliegenden Kapselzellen heran- und in dieselben eintreten (Fig. 2 *m, n*). Den Eintritt sehe ich nur dann als scharf erwiesen an, wenn derselbe in der horizontalen Medianebene erfolgt, welche die Kapsel oder den Kern, meist beide zugleich, halbirt. Das aber habe ich vielfach erblickt und sonach spreche ich mich nochmals dahin aus, dass das Eindringen der Nervenfibrillen in diese Zellen eine Thatsache ist.

Die Art und Weise, wie Nerv und Drüsenzelle in Zusammenhang treten, hat meiner Voraussetzung nicht entsprochen.

Ausgangspunkt bei Erwägung der Frage war die Anschauung, die dem heutigen Stande der Zellenlehre sich anschloss, dass auch die secernirende Zelle nicht mannichfaltiger morphologisch sich gliedere, als in Protoplasma und Kern. Allerdings kam an den vorliegenden Zellen, auf welche die Untersuchung sich beschränken musste, noch ein drittes Glied in Betracht: die Kapsel. Dieselbe bot keine Schwierigkeit für die Auffassung, dass man es bei ihrer Wand mit einer internen Cuticularbildung zu thun habe. Ist das Protoplasma in seiner ganzen Dicke ein gleichartiges Gebilde, so kann, was an der äusseren Oberfläche producirt wird, auch an einer inneren erfolgen. Manche Uebereinstimmungen der Substanz der Kapselwand in chemischer Beziehung mit jenem Saum an den innern Enden der Gangepithelien, so wie der Umstand, dass die Kapselwand sich direct in die chitinhaltige Cuticula der Röhrchen fortsetzt, leisten dieser Auffassung Vorschub. Man hat also an diesen Zellen Membranbildung gegen einen centralen Hohlraum. Eine äussere Membran lässt sich nicht nachweisen.

War aber überhaupt die Thatsache der Vereinigung von Nerv und Drüsenzelle entschieden, so musste die Frage nach der Art und Weise der Verbindung allgemeingültig gestellt werden, und die particulare Bildung einer inneren oder äusseren Membran kam, in ihrer etwaigen Beziehung zum Nerven, vorläufig nicht in Betracht.

Auf Grund dieser Anschauung war es geboten, zunächst die zwei Fälle ins Auge zu fassen, dass der Nerv mit dem Protoplasma, oder aber mit dem Kern sich verbände.

Die directe Beobachtung ergab nun vor Allem, dass es sich nicht um die Vereinigung von nur zwei einheitlichen Theilen handelt: einer Nervenfibrille mit einer Zelle, sondern dass mehrere derartige Fädchen in die eine Zelle eintraten. Bei einem feinen Faden wäre es allenfalls gestattet gewesen, denselben als das physiologisch und anatomisch untheilbare Elementargebilde des leitenden Nerven

aufzufassen und die Aussicht auf ein präcises Resultat wäre eine grössere gewesen. Bei mehreren Fibrillen, die sich niemals sämmtlich gleich gut verfolgen lassen, bleibt die Möglichkeit verschiedenen Verhaltens derselben in der Zelle offen.

Die Beobachtung ergab dann weiter, dass häufig Fibrillen sich in der unveränderten Richtung ihres Verlaufs eine Strecke weit in die Zelle hinein verfolgen lassen, und dass diese Richtung ebenso häufig gar nicht auf den Kern hinführe.

Der Schluss war durchaus gerechtfertigt, dass weder alle Fibrillen an der Oberfläche der Zelle mit dem Protoplasma verschmelzen, noch dass alle directen Weges zum Kern hinziehen.

Und endlich zeigte sich noch, dass Fibrillen sich innerhalb der Zelle theilen. Es ist nicht schwer, das zu constatiren, wenn man eine frische Drüse in einem Tropfen Jodserum auf dem Objectträger gut ausbreitet, so dass die Nerven sich spannen. Kommt nun noch, durch die Ablösung der Membrana propria von den Zellen, die Spannung der isolirten Fibrillen innerhalb der Membran hinzu, so bedarf es, bei einiger Vertrautheit mit dem Objecte, nicht langen Suchens, um das gespannte Fädchen, nachdem es die Oberfläche der Zelle passirt hat, sich ein, zwei Mal gabeln zu sehen. Die Verhältnisse lagen also verwickelter, als dass die einfach alternative Fragestellung, ob Verschmelzung mit dem Protoplasma oder Vereinigung mit dem Kern stattfinde, ausreichend gewesen wäre. Es konnte beides der Fall sein, es konnten aber auch innerhalb des „Protoplasma“ sich Endigungen ergeben. — Bei dieser Lage habe ich nun versucht, tiefer in die Erkenntniss vom Bau dieser Zellen einzudringen und vermag darüber das Folgende mitzutheilen. Die Substanz der Kapselzelle erscheint, im frischen Zustande, wenn sie, ohne Hinzufügung einer anderen Flüssigkeit, in der sie tränkenden auf den Objectträger gebracht wird, von dem Aussehen, das man gewöhnt ist als „leicht oder fein granulirt“ zu bezeichnen. Dieser Eindruck wird prägnanter nach Behandlung der Drüse mit Osmiumsäuredämpfen oder Joddämpfen. Allein, wie bei so vielen „granulirten“ oder „moleculären“ Substanzen und Schichten, kann man auch hier bei eingehender Prüfung sich der Einsicht nicht entziehen, dass es gar nicht separirte, kleine Granula oder Molekel sind, die etwa in eine tragende Masse eingebettet, das punctirte Bild verursachen, sondern, verfolgt man mittels der Stellschraube sorgfältig die Umgrenzung eines anscheinenden Körnchens, so ergiebt sich Continuität derselben. Man löst das Bild in Fädchen auf, die geknickt und gespalten, auf- und absteigend, eine durchsichtigere Grundmasse durchsetzen. Also die anscheinend gekörnte Structur erweist sich als eine reticulirte, und man hat den Eindruck des Gekörnten, genau genommen, nur bei Beschränkung der Betrachtung auf eine unverrückte Einstellungsebene, wo die optischen Querschnitte der Fädchen als eben soviele, punctförmige Körnchen imponiren können.

Also schon an der frischen Drüse kann man sich überzeugen, dass der Körper der Zelle, der den Kern und die Kapsel umschliesst, aus zwei Substanzen besteht: einer pellucideren Grundsubstanz und einem delicaten Gitterwerk von minder pellucider Beschaffenheit.

Das Gitter lässt sich durch verschiedene Methoden viel schärfer, als an der frischen Drüse zur Anschauung bringen. Am schärfsten in der Weise, dass man die frische Drüse $^1/_2$ — 1 Minute lang Osmiumsäuredämpfen aussetzt, und dann das gebräunte Organ einige Stunden lang in Wasser oder ganz schwacher Osmiumsäurelösung (0,1 Procent) liegen lässt. Diese nachfolgende Maceration entfernt die Grundsubstanz der Zellen, in welcher das Gitter suspendirt ist, vollständig oder theilweise und man kann so Präparate gewinnen, die den Kern und die Kapsel in dem isolirten Gitterwerk frei schwebend zeigen.

Aetzkalilösung verschafft gleichfalls ein gutes Bild dieser Formation, je nach der Concentration in etwas abweichender Weise. Bei concentrirten Lösungen erfolgt zunächst eine Verdichtung der Zelle; sie erscheint derber, dunkler, das Gitter gedrängter. Nach einer halben Stunde beginnt ein Quellungsvorgang, der wesentlich die Grundsubstanz betrifft, die sich ausdehnt und ganz hyalin erscheint. Das Gitter aus minder hyalinen Fäden wird sehr gut sichtbar und bildet rundlich eckige Maschen von circa 0,002 Millimeter Durchmesser. Im weiteren Verlauf tritt allmähliche Lösung der hyalinen Substanz ein und das Gitter collabirt in Folge dessen wieder. Der Kern verliert ebenfalls an Substanz und erscheint als eckiger, verdichteter Körper, der innerhalb des Gitters schwebt, das durch mehrere Fädchen mit demselben verbunden ist. Selbst nach 6 stündigem Verweilen der Drüse in reichlicher Menge von 30 procentiger Kalilösung sind sowohl das Gitter und die Kerne, wie die Fibrillen in den Nerven noch sichtbar; die hyaline Substanz dagegen ist fast ganz gelöst.

Bei schwächeren Lösungen von 2 – 5 Procent erfolgt das Quellen viel rascher, bei 2 Procent fast momentan und auch hier wird durch die Quellung der tragenden Substanz das Gitter gedehnt und gut wahrnehmbar. Sehr bald, schon nach $^1/_4$ Stunde, beginnt die hyaline Substanz sich zu lösen und das Gitter zerfällt, ich möchte sagen, zerbröckelt. (Ammoniak löst beide Bestandtheile, Grundsubstanz wie Gitter, überhaupt die gesammte Zelle rasch auf.)

Untersucht man nun dieses Gitter, so lange es gut sichtbar ist, genauer, so ergeben sich die Verhältnisse, wie sie in der Fig. 2 dargestellt sind, die nach einem mit verdünnter Kalilösung behandelten Präparate entworfen ist. Durch den ganzen Raum der Zelle erstreckt sich dieses Netz zarter Fädchen in gleichmässig feinen Maschen von der angegebenen Dimension, nur ganz unbedeutende Verdickungen an den Knotenpunkten zeigend. In den durch die Wirkung des Kali

eckig gewordenen Kern münden zahlreiche Fädchen des Netzes ein. Gegen die Oberfläche der Kapsel aber ändert sich das Bild, die feinen Fäden schmiegen sich mehr der Fläche an, bilden etwas längere und engere Maschen, und es zeigt sich nun auch die Ursache der zarten, radiären Streifung der Kapselwand, indem sich nachweisen lässt, dass von diesen sich anschmiegenden Zügen des Netzes feine cilienartige Ausläufer abgehen, die die Kapsel der Dicke nach durchsetzen. An ihrem äusseren mit dem Netze verbundenen Ende sind die durchbohrenden Fäden mit einer kleinen Anschwellung versehen und verjüngen sich gegen das innere Ende. Dieses Bild erinnert sehr an Cilien, deren Fuss einen Cuticularsaum durchsetzt, und ich habe denn auch nach Flimmerbewegung in der Kapselhöhle gesucht, aber keine wahrgenommen. Vergleichen kann man diese Structur auch mit derjenigen der Zona pellucida des Säugethiereies und überhaupt der von Porenkanälen durchsetzten Eihäute, in welchen Kanälchen die neueren Untersuchungen feine, von Follikelepithelzellen ausgehende Protoplasmafädchen nachgewiesen haben. —

Das sind sehr complicirte Verhältnisse, und ich habe das Gitter lange mit Misstrauen angesehen. Allein die regelmässige Wiederkehr des Bildes bei den angegebenen Verfahrungsweisen, das gleichmässige Verhalten zum Kern und zur Kapsel, sowie der Umstand, dass eine solche Formation in Harmonie mit der Vorstellung steht, die man sich nach einer minutiösen Prüfung des „granulirten" Wesens der frischen Zelle zu bilden gedrängt wird, bestimmen mich zu der Annahme, es liege hier eine normale Gestaltung vor. Ich werde in dieser Auffassung namentlich bestärkt durch das Verhalten der eintretenden Nervenfibrillen, durch die an ihnen wahrnehmbaren Theilungen, die gleichfalls auf eine complicirtere Einrichtung schliessen lassen, an welche die aus der Theilung hervorgehenden, zahlreicheren Enden sich anlehnen könnten.

In der That vermag man an den mit Kali behandelten Präparaten Bilder zu gewinnen, wie ich eines in der Fig. 2 möglichst getreu wiederzugeben versucht habe. Die Fibrillen widerstehen, wie das Gitter, einer nicht zu verdünnten Kalilösung ziemlich lange, und hat nun durch Aufquellen der hyalinen Zellsubstanz das Gitter sich in voller Uebersichtlichkeit entwickelt, so liegt der Uebergang der sich theilenden Fibrillen in das Gitter frei vor. An der mit *m* bezeichneten Fibrillengruppe hat es den Anschein, als theilte sich die Fibrille mehrfach bereits vor dem Eintritt in die Zelle. Das ist nicht der Fall, sondern in Folge der endosmotischen Ablösung der Membrana propria von den Zellen sind die Fibrillen gereckt worden und haben den peripheren Theil des Gitters, mit dem sie zunächst in Verbindung treten, nach sich gezogen. In der Gruppe *n* gewahrt man eine Fibrille bis in die Nähe der Kapsel sich erstrecken, unter fortwährender Communication mit dem Fadenwerk des Gitters. —

Das wären die Verhältnisse, die wahrzunehmen mir gelungen ist.

Die secernirende, eine centrale Kapsel enthaltende Zelle, die in Obigem nach ihren einzelnen Theilen beschrieben wurde, zeigt also, von dem Kern und der Kapsel abgesehen, eine Differenzirung in eine formlose, leicht quellbare Substanz und in das bestimmt geformte Gitter, mit welchem, nach Allem, was man sieht, die Nervenfibrillen sich verbinden. Es könnte sich nun fragen, welchen der beiden Theile man als den eigentlichen Träger der vitalen Functionen der Zelle anzusehen hätte, im Sinne des activen, alle wesentlichen Leistungen in sich vereinigenden Protoplasma's der Theorie.

Ohne Zweifel würde, wenn es sich um eine Stichwahl handelte, zunächst dem Gitter die hervorragendere Bedeutung zuzuschreiben sein. Hierfür spräche, von Anderm abgesehen, seine intime Verbindung mit dem Kern, der Kapsel und namentlich den Nerven.

Indessen, meine ich, liegt keine Nöthigung vor, eine einfache Alternative aufzustellen und der zweiten Substanz dann eine passive, untergeordnete Stelle anzuweisen. Eine Flüssigkeit ist dieselbe nicht, kann also keinesfalls als Zellsaft aufgefasst werden, und eben so wenig, als das etwa aus der Umwandlung des Protoplasma's hervorgegangene Secret, da es sich bei dieser Drüse um ein flüssiges Secret handelt. Höchst wahrscheinlich ist es auch eine Eiweisssubstanz. Durch Jodlösung färbt sich die ganze Zelle gleichmässig gelb, und nicht allein ein Fadenwerk darin. Salpetersäure verleiht derselben durchweg eine feste Consistenz; nachherige Behandlung mit Kali bedingt eine gleichmässige, intensiv orange Färbung.

Nun weiss ich wohl, dass solche Reactionen, mikrochemisch applicirt, sehr wenig Sicherheit gewähren, aber, so weit man eben mit denselben kommen kann, ergibt sich nichts, was dagegen spräche, dass man es auch in dieser zweiten Substanz mit einem zähen eiweissartigen Körper zu thun hat. Und ist das der Fall, so wäre es nicht minder erlaubt, d i e s e r Substanz die Bedeutung des Protoplasma's zuzuschreiben, und das Gitter als eine secundäre Formation von specieller Bestimmung aufzufassen, eine Formation, analog der Muskelfibrille oder Nervenfibrille.

Ich bin weit entfernt, in Ueberschätzung des Mitgetheilten, hierüber eine Discussion eröffnen zu wollen. Erst soll der Boden fester stehen und ich habe die Hoffnung, an andern Insectendrüsen zu ergänzenden Resultaten zu gelangen. Wer mir aber auf Grund eigener Anschauung die Existenz des Gitters und den Zusammenhang der Nervenfibrillen mit demselben zugesteht, der wird es auch nicht für Thorheit erklären, dem N e r v e n s y s t e m d e r D r ü s e n z e l l e auf die Spur kommen zu wollen.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1 stellt eine Partie der mit Osmiumsäuredämpfen behandelten Drüse dar, an der drei Lappen auseinander gelegt sind, um das zwischen denselben ausgespannte Nervengeflecht mit den an die Acini herantretenden Nervenendästen zu demonstriren. In den oberflächlichen Zellen der Acini erblickt man die Kapseln, theils vollständig in ihrer birnförmigen Gestalt, theils im optischen Querschnitt, einige im Zusammenhange mit den Cuticularröhrchen.

A. Ausführungsgang mit den fibrillär gebauten Cylinderzellen und der quergestreiften Cuticula im Innern.

B. Trachee.

C. Ganglienkette, bei *c'* mit der local verdickten Tracheenscheide Zweige austauschend.

D. Nerv aus der die Ausführungsgänge begleitenden, infraoesophagealen Nervengruppe.

E. Ast des Eingeweidenerven mit:

- *a.* umspinnenden Zweigen, die sich der Oberfläche einiger Acini anschmiegen;
- *b.* Anastomose zwischen den Nerven beider Gruppen;
- *c.* Nervenendäste, mit etwas verbreitertem Fuss sich an die Acini ansetzend.

F. Ein Acinus, in dessen Mitte der Endast des Gangsystems sich inserirt, um quirlförmig in die Cuticularröhrchen zu zerfallen.

- *f.* paarig combinirte, kapselhaltige Zellen der Oberfläche der Acini;
- *g.* centrale Zellen ohne Kapseln;
- *h.* isolirte Kapseln.

Fig. 2. Zwei kapselhaltige Zellen eines Acinus in Verbindung mit einem Endnerv, nach Behandlung mit Kali. Syst. XII von Kraft und Seibert. Oc. 3 von Hartnack. Vergr. circa 1200.

Die Grundsubstanz der Zellen ist gequollen und wasserhell, das Gitter durchsetzt den ganzen Raum beider Zellen.

- *a.* Nerv;
- *b.* weiter laufender umspinnender Zweig desselben;
- *c.* Fuss eines Endnerven;
- *d.* Nervenscheide, continuirlich in
- *e.* die Membrana propria des Acinus übergehend;
- *f.* Nervenkerne;
- *h.* Kapsel mit hyaliner gequollener Wand, die gestrichelt erscheint durch feine sie durchsetzende, von dem Gitter ausgehende Fädchen;
- *i.* Cuticularröhrchen, in das beide Kapseln sich fortsetzen;
- *m. n. o.* Nervenfibrillen, isolirt durch den freien Raum, zwischen Nervenscheide resp. Propria und den beiden Zellen verlaufend.

  Die Fibrille *n* ist bis in die Nähe der Kapsel zu verfolgen. Die Fibrillen *o* treten aus der Ebene des Bildes hinaus.
- *p.* durch Einwirkung des Kali zackig gewordene Kerne der beiden Zellen mit zahlreichen Fäden dem Gitter verbunden.

UEBER DIE EINWIRKUNG VON VERDÜNNTEN SAUREN AUF ALBUMIN

VON

DR. E. DRECHSEL.

Wenn man Albumin mit verdünnten Säuren behandelt, so löst es sich bekanntlich nach und nach auf, unter Bildung mehrerer Körper, welche sich in ihren Reaetionen als von dem ursprüngliehen Albumin verschieden darstellen. Je nach der Dauer der Einwirkung scheinen verschiedene Körper zu entstehen, so zwar, dass man als Endproducte des ganzen Processes diejenigen Körper anzusehen hat, welche von Hlasiwetz und Habermann aus den Eiweisskörpern durch tagelanges Kochen mit Salzsäure bei Gegenwart von Zinnchlorür erhalten worden sind, während man diejenigen Substanzen, welche als Zwischenglieder zunächst aus den Eiweisskörpern entstehen, und nach und nach erst in Glutaminsäure, Leucin etc. übergehen, gemeinhin als mit den durch die Verdauung gebildeten Peptonen identische oder doch diesen sehr nahe verwandte Körper betrachten muss. An zahlreichen Versuchen, diese intermediären Körper zu isoliren und in einem für die Analyse tauglichen Zustande darzustellen, hat es nicht gefehlt, allein die bisher gewonnenen Resultate haben uns noch nicht die gewünschte Aufklärung gebracht, und es wird vermuthlich auch noch längere Zeit vergehen, bevor eine Methode gefunden wird, welche es gestattet, jene Körper mit genügender Schärfe und Sicherheit zu trennen und abzuscheiden. Die Resultate, welche von den verschiedenen Forschern erreicht wurden, sind unter einander ziemlich abweichend, so zwar, dass man mit Bestimmtheit behaupten kann, dass die nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Körper nicht identisch waren, wenngleich ihnen eine beträchtliche Anzahl von Reactionen gemeinsam zukommt — beiläufig bemerkt ein Umstand, welcher die Unterscheidung und Trennung jener ungemein erschwert. Eine Beobachtung aber ist von Allen übereinstimmend gemacht worden und diese reizte mich namentlich zum weiteren Nachforschen an, weil sie im günstigen Falle zur Auffindung eines mit Sicherheit schon längst bekannten Körpers unter den Producten der Einwirkung verdünnter Säuren

auf Albumin hätte führen müssen. Meine Versuche haben zwar, wie ich gleich hier bemerken will, nicht zu dem gewünschten Resultate geführt, aber sie haben mit Bestimmtheit dargethan, dass der gesuchte Körper in den betreffenden Flüssigkeiten nicht anwesend ist; sie haben ferner zur Auffindung eines Körpers geführt, welcher in seiner Zusammensetzung den eigentlichen Eiweisskörpern noch ausserordentlich nahe steht und doch sich in seinem chemischen Verhalten dem Glutin und den Peptonen aufs Engste anschliesst, und endlich habe ich bei den letzten Versuchen eine Methode in Anwendung gebracht, welche mir einer weiteren Anwendung fähig erscheint.

Die beregte Beobachtung, welche mich zur Anstellung meiner Versuche bewog, ist folgende: Bei dem Eindampfen von Peptonlösungen oder von Eiweisslösungen in verdünnten Säuren bilden sich zuletzt immer Häutchen auf der Oberfläche der Flüssigkeit, und letztere selbst verbreitet einen starken und charakteristischen Leimgeruch. Es war von vornherein nicht undenkbar, dass sich durch die genannten Einflüsse Glutin aus Albumin bilden könne, und es handelte sich für mich also nur darum, eine Methode ausfindig zu machen, welche gestattete, dieses gebildete Glutin aus den erhaltenen Lösungen abzuscheiden und in eine analysirbare Form zu bringen. Die Albuminstoffe, sowie auch einige in der Peptonlösung vorhandene Körper werden durch gewisse Reagentien gefällt, mit denen Glutin keine Niederschläge erzeugt. Ich suchte daher zunächst durch solche Reagentien sämmtliche noch vorhandene Eiweissstoffe etc. zu entfernen, hierauf den Ueberschuss des angewendeten Metallsalzes abzuscheiden, und endlich das in Lösung gebliebene Glutin durch eine Reagens zu fällen, mit welchem es entweder direct eine analysirbare Verbindung eingeht, oder von welchem es doch verhältnissmässig leicht zu trennen ist. Zur besseren Controle habe ich nach derselben Methode aus feinster Gelatine Glutin resp. dessen Verbindungen dargestellt und mit den aus Albumin erhaltenen Körpern direct verglichen und analysirt.

Zu den Versuchen, welche im Nachfolgenden näher beschrieben werden sollen, wurde stets ein möglichst reines, namentlich auch möglichst farbloses Albumin verwendet, welches nach folgendem Verfahren aus Serum dargestellt worden war. Das durch Abheben vorsichtig vom Blutkuchen getrennte (Rinder-) Serum wurde zunächst durch mehrstündiges Centrifugiren möglichst von Blutkörperchen befreit; in den meisten Fällen gelang es auf diese Weise das Serum völlig klar und nur schwach gelblich gefärbt zu erhalten. Es wurde sodann in einer grossen Porzellanschale das ungefähr sechsfache Volum vom vorräthigen Serum an Wasser zum Sieden erhitzt, das Serum in dünnem Strahle unter starkem Umrühren hinzugegossen, und nun so lange verdünnte Essigsäure in kleinen Portionen unter gutem Umrühren zugefügt, bis die Flüssigkeit ganz schwach, aber deutlich sauer reagirte und der

Niederschlag grobflockig erschien. Das Albumin wurde alsdann absitzen gelassen, abfiltrirt, mit Wasser ausgewaschen, hierauf mit absolutem Alkohol 2—3 Mal ausgekocht, filtrirt, mit Alkohol ausgewaschen und schliesslich über Schwefelsäure getrocknet. Auf diese Weise erhalten stellte das Albumin ein schwach gelblich bis röthlich gefärbtes lockeres Pulver dar.

Zur Auflösung dieses Serumalbumins wurde Jodwasserstoffsäure angewendet, und zwar, da mit Sicherheit vorauszusetzen war, dass eine concentrirte Lösung dieser Säure das Albumin total zerstören würde, eine verdünnte Säure, wie man sie erhält durch Zusammenbringen von Jod und Phosphor unter Wasser. Zu den ersten, vorläufigen Versuchen diente eine Säure, welche durch Einwirkung von Jod auf gewöhnlichen Phosphor in unbestimmten Verhältnissen bereitet war; später wurde eine aus rothem Phosphor und Jod erhaltene Säure von 1,015 sp. Gew. angewendet (hieraus berechnet sich der Gehalt an HJ, wenn man vom Einflusse der geringen Menge Phosphorsäure auf das sp. Gew. absieht, zu 2,2 Proc.); für die letzten Versuche dagegen wurde eine concentrirte Säure bereitet durch Auflösen von 50 Gramm Jod und 5 Gramm rothem Phosphor in 150 CC. Wasser, Erhitzen der Flüssigkeit zum Sieden, bis sie fast farblos erschien, und Absitzenlassen. Es wird hierbei bei Weitem nicht aller Phosphor aufgelöst, so dass höchst wahrscheinlich keine phosphorige, sondern nur Phosphorsäure anwesend ist. Bei den nachstehend beschriebenen Versuchen wurde stets eine in der angegebenen Weise bereitete Säure angewendet, und es ist daher wohl nicht mit Sicherheit zu behaupten, dass die Resultate lediglich der Einwirkung der Jodwasserstoffsäure zuzuschreiben sind. Obgleich nämlich die Menge der letzteren die der gebildeten dreibasischen Phosphorsäure um das 6 $\frac{1}{2}$ fache übertrifft, so stehen die Mengen von Basen, welche zur Sättigung beider Säuren erforderlich sind, doch nur in dem Verhältniss wie 5 : 3. Indessen soll im Folgenden, der Einfachheit wegen, das betreffende Säuregemisch stets mit dem Namen Jodwasserstoffsäure bezeichnet werden.

Bei den ersten Versuchen wurde das Serumalbumin mit Wasser, und die aus gewöhnlichem Phosphor und Jod bereitete Jodwasserstoffsäure in eine Röhre eingeschmolzen und mehrere Stunden hindurch einer Temperatur von 120° C. ausgesetzt. Da sich die Jodwasserstoffsäure nicht gut durch Abgiessen von dem amorph gewordenen Phosphor trennen liess, so wurde dieser einfach mit in die Röhre hineingegeben. Nach dem Erkalten zeigte es sich, dass das Albumin völlig aufgelöst worden war; die erhaltene Lösung war ganz dünnflüssig und klar, war auch nur ganz schwach bräunlichroth gefärbt, und hinterliess beim Eindampfen auf einem Uhrglase einen schwach bräunlich gefärbten syrupösen Rückstand, in welchem sich nach und nach kleine Krystalle bildeten. Bei der Wiederholung des Versuches war die Jodwasserstoffsäure vom rothen Phosphor durch längeres Absitzenlassen

vollständig getrennt und in jede Röhre war ein Stückchen gewöhnlicher Phosphor mit eingeschmolzen worden. Als man indessen die Röhre nach dem Erhitzen auf 120 ⁰ C. aus dem Oelbad herausnahm, zeigte es sich, dass der ganze Inhalt in eine schwarze, gallertartige, undurchsichtige Masse verwandelt worden war. Diese Verschiedenheit der erhaltenen Resultate konnte nicht wohl einem anderen Umstande zugeschrieben werden, als dem, dass bei den ersten Versuchen amorpher, und also sehr fein vertheilter, überall in der Flüssigkeit schwebender Phosphor vorhanden war, bei den späteren Versuchen aber nicht. Es musste desshalb eine klare Lösung sofort wieder erhalten werden, sobald amorpher Phosphor mit eingeschlossen wurde, und der Versuch bestätigte vollkommen die Richtigkeit dieser Voraussetzung. Als wiederum einige Röhren mit Albumin, Jodwasserstoffsäure, Wasser und amorphem Phosphor beschickt auf 120 ⁰ C. erhitzt wurden, so löste sich Alles bis auf den überschüssigen Phosphor zu einer ganz klaren, gelbbräunlichen Flüssigkeit auf.

Die Ursache dieser auffälligen Erscheinung dürfte wohl in der Gegenwart von freiem Sauerstoff zu suchen sein. Es ist bekannt, dass klare, hellgelbliche saure Peptonlösungen, und ebenso die Lösung von Eieralbumin in verdünnter Salzsäure beim Kochen oder Eindampfen an der Luft sich dunkel färben, und schliesslich braune, syrupartige Massen hinterlassen, dass dagegen die Lösung von Eieralbumin in verdünnter Salzsäure, wenn sie bei Luftabschluss gekocht wird, hell bleibt; ebenso geben Hlasiwetz und Habermann an, dass sie bei der von ihnen ausgeführten Zersetzung der Eiweisskörper mittelst Salzsäure bei Gegenwart von Zinnchlorür schliesslich eine fast farblose Flüssigkeit erhalten haben, in welcher sich Zinnchlorid fand. Bei diesen Versuchen hat jedenfalls das Zinnchlorür den etwa zutretenden Sauerstoff aufgenommen und seine Wirkung auf das Albumin verhindert; in meinen Versuchen ist dies von Seiten des Phosphors geschehen.

Beim Oeffnen der Röhre entwich kein Gas, es drang vielmehr etwas Luft ein an Stelle des absorbirten Sauerstoffes, welcher ursprünglich in der mit eingeschlossenen Luft enthalten war. Zur Abscheidung des Jodwasserstoffs und der Phosphorsäure wurde zunächst folgendermaassen verfahren. Die Flüssigkeit wurde mit Wasser verdünnt, und unter gelindem Erwärmen so lange feuchtes Kupferoxydul eingetragen, bis sich die Flüssigkeit schwach blau färbte, von einer Spur aufgelösten Kupfers; nach dem Abfiltriren vom gebildeten Niederschlage von Kupferjodür und Kupferoxydul wurde die Phosphorsäure durch Barytwasser gefällt; den Punkt der völligen Ausscheidung erkennt man sehr leicht an der plötzlich eintretenden tieferen Blaufärbung der Flüssigkeit, hervorgebracht durch das in der schwach alkalisch gewordenen Flüssigkeit gelöste Kupferoxyd. Dieses letztere wurde durch Zusatz einiger Tropfen Schwefelbaryumlösung ausgefällt, und nach dem Filtriren

wurde endlich der Baryt durch etwas Schwefelsäure genau ausgefällt. Wenn man die so erhaltene Flüssigkeit, welche nur noch die Producte der Einwirkung der verdünnten Jodwasserstoffsäure auf das Albumin enthalten kann, eindampft, so macht sich ein ganz unverkennbarer Leimgeruch bemerklich, es bilden sich Häute, und schliesslich bleibt ein amorpher Rückstand, in welchem sich mit der Zeit Krystalle von Leucin und Tyrosin bilden.

Zunächst versuchte ich das etwa vorhandene Glutin mittelst Gerbsäure abzuscheiden. Die, wie oben angegeben, bereitete Lösung wurde auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand möglichst fein pulverisirt, und mit Alkohol ausgezogen. Hierauf wurde er wieder in Wasser gelöst, was leicht geschah, und nach dem Ansäuren mit etwas Essigsäure die Flüssigkeit mit Gerbsäure ausgefällt. Der Niederschlag setzte sich bei mehrstündigem Stehen meist gut ab; er wurde abfiltrirt und mit kaltem Wasser völlig ausgewaschen. Er wurde sodann in verdünntem Ammoniak gelöst und die Gerbsäure aus der Lösung mittelst Bleiessig ausgefällt. Aus der abfiltrirten Lösung wurde das überschüssige Blei wiederum durch Schwefelwasserstoff entfernt, und nach dem Filtriren wurde die Flüssigkeit eingedampft. Direct gab dieselbe mit den gebräuchlichen Reagentien keine Reaction auf Glutin, aber beinahe bis zur Trockne eingedampft hinterliess sie einen in der Hitze flüssigen Rückstand, der beim Erkalten zwar nicht gelatinirte, aber doch dicklich wurde, und nach und nach zu einer spröden, harten Masse eintrocknete. Zur weiteren Reinigung wurde dieser Rückstand in Wasser gelöst, und die Lösung mittelst eines grossen Ueberschusses von Alkohol gefällt; der Niederschlag mit Alkohol gewaschen und getrocknet. Der so erhaltene Körper löst sich leicht in Wasser. Die Lösung gibt beim Kochen mit Natronlauge und Kupferlösung eine violette Färbung; sie wird, genau wie Glutinlösung, durch Alkohol, Gerbsäure und Sublimatlösung gefällt, dagegen nicht durch Ferrocyankalium und Essigsäure. Was die Leichtlöslichkeit in Wasser anlangt, so muss ich noch hinzufügen, dass eine aus Hausenblase bereitete Leimlösung mit einigen Tropfen Essigsäure und Ammoniak versetzt nach dem Eindampfen einen in Wasser leichtlöslichen Rückstand hinterlässt.

Die Menge der auf diese Weise dargestellten Substanz war ziemlich gering, auch zeigten sich bei der Bereitung selbst einige Uebelstände. Der Kupferniederschlag riss stets ziemlich bedeutende Mengen organischer Substanzen mit nieder, und die Ausfällung durch Gerbsäure, sowie die Abscheidung dieser letzteren von der Substanz waren sehr unangenehme Operationen, namentlich bot die erhaltene Substanz keine geeignete Garantie der Reinheit dar. Es wurde deshalb zunächst der Versuch gemacht, den gerbsauren Niederschlag selbst zu analysiren, und gleichzeitig, unter denselben Bedingungen aus Gelatine erhaltenen gerbsauren Leim ebenfalls zu analysiren, und die so erhaltenen Resultate mit einander zu vergleichen.

Die Auflösung des Albumins sollte durch eine möglichst geringe Menge Säure bewerkstelligt werden, und bei den diesbezüglichen Versuchen stellte es sich heraus, dass für eine bestimmte Menge Albumin auch eine bestimmte Menge Säure erforderlich ist. Die angewandte Jodwasserstoffsäure besass ein sp. Gew. von 1,015, enthielt also ca. 2,2 Procent HJ. Zur Auflösung von 10 Gramm Albumin waren 50 CC. dieser Säure und ca. 270 CC. Wasser erforderlich; in mehreren Versuchen, welche mit geringeren Mengen Säure angestellt wurden, z. B. 10 Gramm Albumin + 10 CC. Säure + 290 CC. Wasser, fand keine Lösung statt; es bildete sich nur eine äusserst gequollene, gallertartige Masse von muscheligem Bruche, welche sich auch nicht löste, als noch 20 CC. Säure zugesetzt und dann nochmals erhitzt wurde. Noch ist zu erwähnen, dass diese grösseren Mengen in Sodawasserflaschen im Kochsalzbad erhitzt wurden.

Die durch Auflösen von 10 Gramm Albumin in 50 CC. Jodwasserstoffsäure und ca. 270 CC. Wasser erhaltene Flüssigkeit gab, direct mit Gerbsäure versetzt, nur einen geringen Niederschlag, dagegen wurde sie durch conc. Salzsäure gefällt. Es wurde die Lösung zunächst zum Sieden erhitzt, und zur Abscheidung der Phosphorsäure mit überschüssiger Kalkmilch versetzt; nach einigem Sieden wurde sie filtrirt, was rasch und leicht von Statten ging, und nunmehr mit Essigsäure ganz schwach aber deutlich angesäuert. Hierbei scheidet sich in geringen Mengen unter Entwickelung von etwas Schwefelwasserstoff ein schwefelhaltiger Körper ab. (Dieser Körper stellte nach dem Trocknen ein graulich weisses Pulver dar von eigenthümlichem Schwefelgeruch; in Alkalien löste es sich leicht unter Bildung von viel Schwefelmetall; eine Schwefelbestimmung ergab einen Gehalt von 2,4 Procent S.) Nachdem dieser Körper abfiltrirt war, wurde die Flüssigkeit mit Ammoniak schwach alkalisch gemacht, und sodann mit essigsaurem Blei das Jod ausgefällt. Aus dem Filtrate wurde die Hauptmenge des Bleies mit Schwefelsäure, der Rest mit Schwefelwasserstoff gefällt, und der Ueberschuss des letzteren durch Kochen, unter mehrmaligem Zusatz von etwas doppeltkohlensaurem Natron und Essigsäure ausgetrieben. Endlich wurde noch der in Lösung gegangene Kalk durch oxalsaures Ammon unter Vermeidung eines grösseren Ueberschusses an diesem Salze ausgefällt. Das Filtrat vom oxalsauren Kalk wurde nunmehr mit Gerbsäure ausgefällt, und der Niederschlag mit kaltem Wasser gewaschen, bis das Filtrat neutral reagirte und nur noch Spuren von Gerbsäure enthielt. Auf dieselbe Weise war auch aus Gelatine gerbsaurer Leim dargestellt worden. Die Analyse dieser Producte ergab folgende Zahlen:

I. Analyse des Körpers aus Albumin (in Vacuum über Chlorcalcium getrocknet):

1) 0,2675 Grm. gaben nach der Methode von Dumas 9,73 CC. N trocken bei 0° 1 M. Hg Druck = 0,0161 Grm. Stickstoff = 6,01 Proc. N.

2) 0,1500 Grm. mit Kupferoxyd, vorgelegtem chromsauren Bleioxyd und metallischem Kupfer, zuletzt im Sauerstoffstrom verbrannt gaben 0,0765 Grm. H_2O und 0,2745 Grm. CO_2 = 5,7 Proc. Wasserstoff und 49,9 Proc. Kohlenstoff.

3) 0,3850 Grm. bei 100° C. getrocknet verloren 0,0270 Grm. Wasser = 7,0 Proc. Wasser.

II. Analyse des Körpers aus Gelatine (bei 100° C. getrocknet):

1) 0,5830 Grm. gaben nach der Methode von Dumas 22,43 CC. N trocken bei 0° und 1 M. Hg Druck = 0,037064 Grm. N = 6,36 Proc. Stickstoff.

2) 0,3220 Grm., wie oben verbrannt gaben 0,1360 Grm. H_2O und 0,6095 Grm. CO_2 = 4,69 Proc. Wasserstoff und 51,62 Proc. Kohlenstoff.

	Gerbsaure Verbindung aus Albumin, auf bei 100° C. getrocknete Substanz berechnet	Gerbsaurer Leim aus Gelatine, bei 100° C. getrocknet
C	53,66	51,62
H	5,29	4,69
N	6,46	6,36
O	33,59	37,33
	100,00	100,00

Wie man aus diesen Zahlen ersieht, ist die Zusammensetzung der analysirten Körper durchaus nicht die gleiche. Im Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalte zeigen sich beträchtliche Differenzen, und nur der Stickstoffgehalt ist in beiden Substanzen der nämliche. Immerhin war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Unterschiede auf einer noch anhaftenden Verunreinigung beruhten, und um hierüber Aufklärung zu erlangen, wurde versucht, die fraglichen Substanzen sowohl aus Albumin als aus Gelatine nach einer andern Methode möglichst rein abzuscheiden. Hierbei musste aber nicht blos darauf Bedacht genommen werden, etwaige Spuren von unveränderten Eiweissstoffen vollkommen zu entfernen, sondern auch womöglich alle diejenigen Substanzen, welche durch andere Reagentien als das Glutin gefällt werden; denn es war sonst immer die Möglichkeit vorhanden, dass mit dem Glutin auch noch andere, in der Lösung zurückgebliebene Körper gefällt wurden. Die Gerbsäure, welche vorher als Fällungsmittel gedient hatte, wurde jetzt verlassen, weil sie sich nur sehr schlecht wieder vom Glutin trennen liess; die ammoniakalische Lösung absorbirt zu rasch Sauerstoff. Es wurde deshalb, und zwar mit gutem

Erfolge, (käufliche) Phosphorwolframsäure angewendet, der Niederschlag noch besonders gereinigt und sodann mittelst Barytwassers zersetzt.

20 Gramm Albumin wurden in zwei Portionen zu je 10 Gramm mit je 295 CC. Wasser und 5 CC. concentrirter Jodwasserstoffsäure etwa 20 Stunden lang im Kochsalzbade erhitzt. Die erhaltenen Lösungen wurden hierauf vereinigt und zunächst mit Kalkmilch gekocht, heiss filtrirt und mit Essigsäure ausgefällt. Von dem entstandenen, geringen, flockigen Niederschlag wurde abfiltrirt, hierauf mit Bleiessig gefällt, filtrirt, Bleioxyd und Kalk zusammen mittelst kohlensauren Natrons ausgeschieden, filtrirt und mit Essigsäure schwach angesäuert. Um die letzten Spuren Albuminstoffe abzuscheiden, wurde nunmehr die Flüssigkeit mit etwas Eisenchlorid und einer geringen Menge schwefelsauren Natrons versetzt, und verdünnt zum Kochen erhitzt. Der Niederschlag wurde heiss abfiltrirt, und das saure Filtrat mit Quecksilberchlorid gefällt, filtrirt und nunmehr mit einer Lösung von Phosphorwolframsäure versetzt. Der entstandene flockige Niederschlag wurde ein paar Mal gewaschen, sodann in kohlensaurem Natron gelöst; die Lösung wurde hierauf von dem geringen unlöslichen Reste abfiltrirt und nach dem Verdünnen mit verdünnter Schwefelsäure ausgefällt. Der erhaltene Niederschlag wurde mit schwefelsäurehaltigem Wasser gut ausgewaschen, hierauf mit Barytwasser kalt zersetzt, zum Kochen erhitzt, filtrirt, und die Lösung durch verdünnte Schwefelsäure von überschüssigem Baryt befreit. Endlich wurde der kleine Ueberschuss von Schwefelsäure durch eine ganz geringe Menge Barytwasser ausgefällt und die Lösung mehrmals bei gelinder Wärme eingedampft, wieder gelöst, filtrirt und eingedampft, bis sich kein kohlensaurer Baryt mehr ausschied. Es gelingt so nicht, die Lösung absolut barytfrei zu erhalten; allein ich zog es vor, eher einen geringen Ueberschuss an Baryt in Lösung zu behalten, als Schwefelsäure.

Beim Verdampfen hinterliess die so erhaltene Lösung einen amorphen, farblosen oder ganz schwach gelblichen Körper, und bildete während des Eindampfens fortwährend Häute; der Rückstand war spröde und rissig. Er löste sich leicht in Wasser. Die concentrirte wässrige Lösung ist dicklich und klebrig; sie reagirte in Folge des geringen Gehaltes an Baryt alkalisch. Die Lösung wurde nicht gefällt durch essigsaures Bleioxyd, schwefelsaures Kupferoxyd, Alaun, gelbes Blutlaugensalz; mit Quecksilberchlorid entstand ein Niederschlag, welcher in Essigsäure löslich war. Ebenso entstand durch salpetersaures Silberoxyd ein in Salpetersäure leichtlöslicher Niederschlag. Mit Kalilauge und essigsaurem Kupferoxyd versetzt erhielt man eine prächtig purpurrothe Flüssigkeit; mit Kalilauge und Bleioxydhydrat gekocht trat keine Abscheidung von Schwefelblei ein. Mit Gerbsäure entstand eine flockige, in viel Essigsäure lösliche Fällung.

Zu gleicher Zeit, als der beschriebene Körper aus Albumin dargestellt wurde, wurde auch Gelatine auf genau die nämliche Art und Weise behandelt, und schliesslich wurde ein Körper erhalten, welcher in seinem Verhalten gegen die genannten Reagentien, sowie auch in seinem Aeusseren völlig mit dem oben beschriebenen übereinstimmte. Ob beide so erhaltenen Körper chemisch rein waren, resp. wirklich chemische Individuen darstellten, lässt sich natürlich nicht mit voller Sicherheit behaupten; indessen geht schon aus der Darstellungsmethode zur Genüge hervor, dass die etwaige Verunreinigung nur sehr gering sein konnte. In dieser Hinsicht schien es mir namentlich beachtenswerth, dass beide nur mit wenigen Reagentien Niederschläge gaben, und zwar beide mit denselben; jedenfalls konnten, wenn beide Körper identisch waren, bei der Analyse nur unerheblich von einander abweichende Zahlen erhalten werden. Die Analyse der im Vacuum über Schwefelsäure getrockneten Körper ergab aber folgende Resultate.

I. Körper aus Albumin:

1) 0,1330 Grm. gaben nach der Methode von Dumas 13,18 CC. N trocken bei 0° und 1 M. Hg = 0,02178 Grm. = 16,4 Proc. Stickstoff.
2) 0,1695 Grm. mit Kupferoxyd und vorgelegtem chromsauren Bleioxyd und Kupfer, zuletzt im Sauerstoffstrom verbrannt, gaben: 0,1130 Grm. Wasser und 0,3210 Grm. Kohlensäure = 7,41 Proc. Wasserstoff und 51,65 Proc. Kohlenstoff.
3) 0,1765 Grm. im Platintiegel geglüht, hinterliessen 0,0060 Grm. Asche = 3,4 Proc.

II. Körper aus Gelatine:

1) 0,3485 Grm. gaben nach der Methode von Dumas 35,96 CC. N trocken bei 0° und 1 M. Hg = 0,05942 Grm. = 17,05 Proc. Stickstoff.
2) 0,2545 Grm. wie oben verbrannt gaben 0,1510 Grm. Wasser = 6,59 Proc. Wasserstoff und 0,4405 Grm. Kohlensäure = 47,21 Proc. Kohlenstoff.
3) 0,1655 Grm. im Platintiegel geglüht, hinterliessen 0,0065 Grm. Asche = 3,9 Procent.

Auf aschenfreie Substanz berechnet erhält man folgende Werthe:

	Substanz aus Albumin	Substanz aus Gelatine
C	53,47	49,13
H	7,66	6,86
N	16,97	17,74
O	21,90	26,27
	100,00	100,00

Dass diese analysirten Substanzen auch wirklich in den Gerbsäureniederschlägen, deren Analyse oben mitgetheilt wurde, enthalten waren, zeigt ein einfache Berechnung, deren Resultate nachstehende kleine Tabelle enthält:

		Direct gefundene Zusammensetzung	Der gefundene N-Gehalt entspricht Substanz		Rest für Gerbsäure	Auf Procente berechnet	Gerbsäure bei 120 o C. getrocknet, nach Strecker
	C :	53,66	— 20,35	aus Albumin	= 33,31	53,79	52,25
Substanz	H :	5,29	— 2,92		= 2,37	3,83	3,71
aus	N :	6,46	— 6,46		= —		
Albumin	O :	34,59	— 8,34		= 26,25	42,38	44,04
		100,00	38,07		61,93	100,00	100,00
	C :	51,62	— 17,61	aus Gelatine	= 34,01	53,02	52,25
Substanz	H :	4,69	— 2,46		= 2,23	3,40	3,71
aus	N :	6,36	— 6,36		= —		
Gelatine	O :	37,33	— 9,42		= 27,91	43,58	44,04
		100,00	35,85		64,15	100,00	100,00

Die Uebereinstimmung, welche die aus meinen Analysen berechnete procentische Zusammensetzung der mit den stickstoffhaltigen Körpern verbundenen Gerbsäure mit den von Strecker gefundenen Mittelwerthen zeigt, muss als vollkommen genügend bezeichnet werden, namentlich wenn man bedenkt, dass alle Fehler sich in den Resultaten der Berechnung concentriren. Aus den mitgetheilten Analysen geht aber auch zweifellos hervor, dass die beiden, sich in ihren Reactionen so nahestehenden Körper nicht identisch sind, und dieser Schluss findet seine volle Bestätigung durch eine Beobachtung, welche erst später gemacht wurde. Die in sauren Lösungen des Glutins und Pseudoglutins (wie ich einstweilen den aus Albumin erhaltenen Körper nennen will) durch Phosphorwolframsäure erzeugten Niederschläge zeigen nämlich ein verschiedenes Verhalten gegen salzsäurehaltigen Alkohol: phosphorwolframsaures Glutin löst sich nicht darin, während das phosphorwolframsaure Pseudoglutin sich ziemlich leicht auflöst, und aus dieser Lösung durch Verdünnen mit Wasser ausgefällt wird.

Aus den mitgetheilten Analysen geht endlich noch hervor, dass das Pseudoglutin in seiner Zusammensetzung nur sehr wenig von den eigentlichen Eiweissstoffen abweicht, dagegen sehr stark von Glutin und den als Peptone beschriebenen Körpern; man hat z. B.:

	C	H	N	S	
Serumalbumin	53,0	7,1	15,6	1,2	(Kolbe, org. Chemie, III, 2, S. 402.)
Vitellin	52,8	7,3	16,4	1,2	
Thierfibrin	52,6	7,0	17,4	1,2	
Pseudoglutin	53,47	7,66	16,97		Drechsel.
Glutin	49,13	6,86	17,74		
Glutin	49,3	6,6	18,3	0,5	(Kolbe, org. Chem. III, 2, S. 448.)
Fibrin-peptone I.	47,71	6,37	15,40	0,89	(Möhlenfeld in Pflüger's Archiv, V, S. 390 u. 394.)
Fibrin-peptone II.	44,96	7,83	17,85		

Es scheint demnach, als ob das Pseudoglutin durch einen verhältnissmässig einfachen Umwandlungsprocess aus dem Albumin entstehe, und ebenso, dass es vielleicht nicht unmöglich sei, das einmal gebildete Pseudoglutin wieder in Albumin zurückzuverwandeln.

UNTERSUCHUNG DES EIEREIWEISSES UND DES BLUTSERUM DURCH DIALYSE

VON

ALEXANDER SCHMIDT,

PROFESSOR IN DORPAT.

Die Versuche, welche ich in Nachfolgendem mitzutheilen beabsichtige, sind mit demselben aus der Fabrik des Herrn Warren de la Rue in London stammenden Pergamentpapier angestellt, über dessen Brauchbarkeit zur dialytischen Reinigung des Eiweisses ich in Pflüger's Archiv (Bd. VIII. S. 93) in einer der Aronstein'schen Arbeit angehängten Bemerkung kurz berichtet habe. Mir stand damals nur eine kleine, mir brieflich zugesendete Probe des Papieres zu Gebote, weshalb ich auch nur ermitteln konnte, dass das Eiereiweiss nach 18 stündiger Dialyse durch dasselbe durch starken Alkohol nicht mehr coagulirt wurde. Seitdem ich nun aber über grössere Mengen des de la Rue'schen Fabrikates disponire, ist es mir gelungen festzustellen, dass nur die in Wasser löslichen Aschenbestandtheile die Hitze und Alkoholgerinnung des Albumins bewirken, nicht aber die unlöslichen, deren Gegenwart oder Abwesenheit für diesen Effect ganz gleichgültig ist. Die totale Entfernung der ersteren und somit die Darstellung nicht gerinnbarer Albuminlösungen aus Eiereiweiss und Blutserum gelingt auch mit dem neuen de la Rue'schen Papier vortrefflich; bei der Trennung des Albumins von den unlöslichen Aschenbestandtheilen bin ich aber auf Schwierigkeiten gestossen, welche ich noch nicht vollkommen überwunden habe. Es gelingt dieselben bis auf Spuren fortzuschaffen, aber eben doch nicht gänzlich. Hiernach steht das neuere de la Rue'sche Papier an Güte doch demjenigen nach, mit welchem seiner Zeit Graham und später Aronstein gearbeitet haben.

Ich will zuerst einige Worte über die von mir angewendete Methode vorausschicken. Sehr reines Blutserum (meist vom Rinde) verschaffte ich mir, indem ich dasselbe, nach eingetretener Contraction der Placenta, mittelst einer grossen Pipette in ein Cylinderglas überführte und ein paar Tage an einem vor Erschütterungen

geschützten Ort, von Eiswasser umgeben, stehen liess. Hierbei klären sich die obersten Schichten der Flüssigkeit durch Senkung der in ihr enthaltenen farblosen und farbigen Elemente allmählich vollkommen; dieselben wurden mit einer Messpipette abgehoben und in den Dialysator gebracht. Häufig wurde das auf diese Weise gereinigte Blutserum vor der Ueberführung in den Dialysator mit verdünnter Salzsäure neutralisirt, resp. ganz schwach angesäuert; ich habe aber nicht bemerken können, dass dadurch, wie Graham angibt, der Vorgang der Dialyse beschleunigt wird. Jedenfalls ist diese Beschleunigung im Hinblick auf die löslichen Mineralbestandtheile eine sehr geringe; sind die letzteren vollkommen in das Diffusat übergetreten, was bei häufigem Wechsel des äusseren Wassers im Laufe von einigen Stunden geschehen kann, so reagirt das Blutserum immer neutral, während das Diffusat die ursprüngliche Reaction des letzteren besitzt.

Das Eiereiweiss wurde zunächst anhaltend mit der Scheere zerschnitten, dann entweder unverdünnt oder doch höchstens mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt geschüttelt, wobei die Chalazen sich zusammenziehen, durch Leinwand getrieben, mit Salzsäure neutralisirt, wobei sich eine beträchtliche Menge eines von mir weiter noch nicht untersuchten Eiweisskörpers ausscheidet, nochmals durch Leinwand und dann durch grobes, aschenfrei gemachtes Filtrirpapier filtrirt. Die Filtration durch Papier geht gewöhnlich sehr langsam von Statten, so dass ich genöthigt war, um grössere Mengen Filtrat zu erhalten, die Flüssigkeit auf mehrere Filtra zu vertheilen. Auch beim Eiereiweiss übt die Reaction keinen bemerkbaren Einfluss auf die Geschwindigkeit der Dialyse aus.

Graham ermahnt, die zu dialysirenden Flüssigkeiten in möglichst dünner Schicht auf den Dialysator zu bringen. Die Höhe der Flüssigkeitssäule betrug bei seinen Versuchen mit Albumin 20 Mm. Das äussere Wasser wurde ein paar Mal täglich gewechselt. Das gegenwärtige de la Rue'sche Pergamentpapier verlangt aber, um befriedigende Resultate zu liefern, eine viel grössere Dünne der Flüssigkeitsschicht und einen viel häufigeren Wechsel des äusseren Wassers. Ich habe mit drei Dialysatoren gearbeitet, deren Durchmesser 137, resp. 82 und 58 Mm. betrug; in dieselben brachte ich stets nur 25, resp. 10 und 5 C-C. von den Eiweisslösungen, die Höhe der Flüssigkeitssäulen berechnet sich also auf 1,7, resp. 1,9 und 1,9 Mm. Das äussere Wasser wurde je nach Bedürfniss zweistündlich oder stündlich, häufig aber auch halbstündlich und selbst viertelstündlich gewechselt; die Menge desselben betrug durchschnittlich 500 C-C.

Beim Eindampfen der Diffusate gerinnen die geringen Eiweissmengen, welche stets mit hinüber diffundiren, und können nun durch Filtriren entfernt werden. Um keine Verluste beim Eindampfen zu erleiden, müssen die an den Wänden der Abdampfschale sich absetzenden Massen, bevor sie ganz eintrocknen, mittelst einer

Federfahne und der heissen Flüssigkeit immer wieder in die letztere zurückgewaschen werden. Gewöhnlich engte ich die zu einem Versuche gehörenden, zusammengegossenen Diffusate so weit ein, bis ihr Gesammtvolum dem ursprünglichen der in den Dialysator gebrachten Eiweisslösung, welches sich hier durch Wasseraufnahme bekanntlich vergrössert, gleich war. Dabei färbte sich die Flüssigkeit, mochte sie aus dem Eiereiweiss oder aus dem Blutserum stammen, immer gelblich; diese Farbenveränderung fand beim Eindampfen im Vacuum über Schwefelsäure nicht statt, sie war also eine Wirkung der Wärme. Im Uebrigen erwies sich für die hier in Betracht kommenden Eigenschaften der Diffusate die Art des Eindampfens als vollkommen gleichgültig.

---

1. Die Diffusate.

Dieselben geben nach dem Eindampfen und Filtriren keine Eiweissreactionen, ihr geordneter Rückstand jedoch verkohlt unter starker Entwickelung von nach verbrannten Federn riechenden Dämpfen; unter anderen organischen Bestandtheilen enthalten sie also jedenfalls auch solche, die stickstoffhaltig sind. Nach dem Ausziehen der löslichen Salze mit heissem Wasser hinterlässt die Kohle beim Verglühen eine in verdünnter Salzsäure leicht lösliche Asche; die salzsaure Lösung wird durch Uebersättigung mit Ammoniak gefällt, im Filtrat bewirkt aber oxalsaures Ammoniak stets noch einen Niederschlag von oxalsaurem Kalk.

Ganz ebenso verhalten sich die Spuren von unlöslicher Asche, welche die Eiweisslösungen selbst nach einer einigermaassen gelungenen Dialyse zurücklassen, und ebenso auch der unlösliche Aschenrückstand der ursprünglichen nicht dialysirten Eiweisslösungen. Von einer durch die Dialyse bewirkten ungleichen Vertheilung der Phosphorsäure und des Kalkes auf Diffusat und Dialysatorinhalt kann also nicht die Rede sein, sondern es enthalten das Eiereiweiss und das Blutserum von vornherein den Kalk in grösserer Menge, als selbst zur Bildung des dreibasisch phosphorsauren Salzes erforderlich wäre. Da diese Aschenbestandtheile im angegebenen Verhältniss bis auf ein zurückbleibendes Minimum in das Diffusat übergehen und sich hier bei alkalischer und neutraler Reaction so gut wie bei saurer in Lösung befinden, so ist klar, dass nicht die Eiweisskörper, sondern nur irgend welche von den organischen krystalloiden Bestandtheilen des Eiereiweisses resp. des Blutserum die gesuchten Lösungsmittel für dieselben abgeben können. In welchen Verbindungen aber der Phosphor resp. die Phosphorsäure und der Kalk mit diesen organischen Atomcomplexen präexistirt, weiss ich noch nicht; ich erwähne

nur, dass sich aus dem Diffusat ein Theil des Kalkes mittelst directer Fällung mit oxalsaurem Ammoniak ausscheiden lässt. Die chemische Zusammengehörigkeit dieser Stoffe zeigt sich übrigens, wie ich durch besondere Wägungen ermittelt habe, auch darin, dass während der Dialyse der Gehalt der Diffusate an Phosphorsäure und an Kalk ganz parallel wächst mit dem an verbrennlichen Substanzen.

Da die Diffusionsgeschwindigkeit dieser mit den unlöslichen Aschenbestandtheilen verbundenen organischen Krystalloidsubstanzen eine viel geringere ist, als diejenige der in Wasser löslichen Salze, so besitzt man an der fractionirten Dialyse ein bequemes Mittel, um sie von den letzteren vollkommen zu trennen. Eine 24stündige Dialyse bei stündlichem, höchstens halbstündlichem Wechsel des äusseren Wassers im Verlaufe der Tagesstunden genügt unter allen Umständen, um die Eiweisslösungen so vollständig von ihren in Wasser löslichen Mineralbestandtheilen zu befreien, dass sich durch die qualitative Aschenanalyse keine Spur derselben mehr nachweisen lässt; die Lösungen reagiren nun immer neutral, mag ihre ursprüngliche Reaction gewesen sein welche sie wolle, hinterlassen aber nach dem Trocknen und Verbrennen immer noch beträchtliche Mengen von phosphorsaurem Kalk und von überschüssigem Kalk; trotzdem werden sie durch Sieden oder durch Alkohol jetzt nicht mehr coagulirt. Lässt man nun die Dialyse weiter fortgehen, sammelt die Diffusate und dampft sie ebenso ein, wie die zuerst gewonnenen, so erhält man zwei Flüssigkeiten, von welchen die von der ersten Dialyse stammende sämmtliche in Wasser löslichen Salze, aber nur sehr wenig an organischen Beimengungen enthält und demgemäss auch wenig an Kalk und Kalkphosphat beim Verbrennen zurücklässt, während das Product der zweiten Dialyse reich ist an diesen Beimengungen, und zugleich eben nur diese enthält. Die Reaction der letzteren Flüssigkeit ist immer neutral, die der ersteren stimmt immer mit derjenigen, welche man der Eiweisslösung im Beginne der Dialyse gegeben, überein. Nur durch Zusatz des die löslichen Salze enthaltenden Diffusates, oder der aus demselben durch Veraschen enthaltenen, löslichen Salze allein, nicht aber durch Zusatz des dieser Salze ermangelnden Diffusates kann man einer durch Dialyse ihrer krystalloiden Bestandtheile beraubten Albuminlösung die Fähigkeit, durch Alkohol oder durch Siedhitze coagulirt zu werden, wiedergeben. Die Gerinnbarkeit des Albumins durch Kochen oder in Alkohol ist also nur abhängig von den in Wasser löslichen Salzen, welche die steten Begleiter dieses Körpers in seinen natürlichen Lösungen sind.

Die verbrennlichen krystalloiden, die unlöslichen Aschenbestandtheile enthaltenden Atomcomplexe im Eiereiweiss und im Blutserum sind nun aber auch noch in einer andern Beziehung von besonderer Wichtigkeit. Wie ich bereits früher mit Bezugnahme auf die letztere Flüssigkeit ausgeführt habe, sind wir zu der Annahme genöthigt, dass dieselbe ausser den alkalisch reagirenden und neutralen Alkalisalzen

noch ein drittes Lösungsmittel für die fibrinoplastische Substanz enthält (Neue Untersuchungen über die Faserstoffgerinnung. Pflüger's Archiv. Bd. VI. S. 426 u. f.); ganz dasselbe gilt auch vom Eiereiweiss, in welchem diese Substanz gleichfalls vorkommt. Zwar reichen die alkalisch reagirenden Salzbestandtheile beider Flüssigkeiten hin, um allein die Auflösung der in ihnen enthaltenen fibrinoplastischen Substanz zu bewirken, keineswegs aber die neutralen. Ich verweise in dieser Hinsicht auf meine früheren, in der eben citirten Arbeit enthaltenen Bestimmungen. Beim Neutralisiren des Blutserum resp. Eiereiweisses werden nun aber die ersteren als solche beseitigt, während der Zuwachs, welchen die letzteren erhalten, kaum in Betracht kommt; es müsste hierbei also wenigstens der grössere Theil der fibrinoplastischen Substanz, wenn es kein weiteres Lösungsmittel für dieselbe gäbe, ausgeschieden werden; statt dessen wird sie durch blosses Neutralisiren ihrer natürlichen Lösungen gar nicht gefällt. Aus ihren Lösungen in neutralen Alkalisalzen wird sie ferner durch Verdünnung mit Wasser gefällt; genau neutralisirtes Blutserum bleibt aber beim Verdünnen ganz klar und muss behufs Ausscheidung der fibrinoplastischen Substanz bis zu einem gewissen Grade angesäuert werden. Ich erinnere ferner an meine frühere Angabe, dass das neutralisirte Serum sogar viel grössere Mengen dieser Substanz aufzulösen vermag, als normal darin enthalten sind. Bleiben wir nun zunächst beim Blutserum, so muss dasselbe demnach neben den alkalischen und neutralen Alkalisalzen ein weiteres Lösungsmittel für die fibrinoplastische Substanz und zwar im Ueberschuss enthalten, welches seine Wirkung bei neutraler Reaction entfaltet, ohne durch Verdünnung mit Wasser seine Lösungskraft einzubüssen. Als solches Lösungsmittel kann ich nur ganz im Allgemeinen jene organischen, diffusionsfähigen Bestandtheile des Blutserum bezeichnen. Bei der Dialyse des Blutserum sieht man, dass die fibrinoplastische Substanz sich noch in Lösung befindet, zu einer Zeit, wo sämmtliche in Wasser löslichen Aschenbestandtheile in das Diffusat hinübergetreten sind, nachdem das Albumin seine Fähigkeit, in der Siedhitze und durch Alkoholzusatz zu gerinnen, schon eingebüsst hat, und dass ihre Ausscheidung erst später bei weiter fortgesetzter Dialyse beginnt. In dieser salzfreien Lösung wird die fibrinoplastische Substanz auch durch Wasserzusatz nicht gefällt, wohl aber durch Ansäuern, und zwar nun auch ohne Verdünnung mit Wasser. Das neutrale Diffusat, welches man in der angegebenen Weise durch fractionirte Dialyse nach Entfernung sämmtlicher in Wasser löslichen Salze gewinnt, löst gleichfalls diese Substanz auf, und zwar in beträchtlich grösseren Mengen, als das zugehörige Blutserum ursprünglich enthielt; auch aus dieser Lösung wird sie nicht durch Wasserzusatz, wohl aber durch schwaches Ansäuern, und zwar bei jedem Concentrationsgrade gefällt. Setzt man zu einer solchen Lösung aber Kochsalz, so verhält sie sich in Bezug auf die fibrinoplastische Substanz wie das

Blutserum selbst, d. h. sie wird nur in verdünntem Zustande durch Ansäuern gefällt. Umgekehrt sahen wir, dass nach Entfernung sämmtlicher löslicher Salze durch unterbrochene Dialyse diese Substanz aus dem Blutserum, auch ohne Wässerung desselben, durch Ansäuern allein, gefällt wurde. Es handelt sich hierbei aber offenbar um eine combinirte Wirkung der Salze und jener verbrennlichen Diffusatbestandtheile, denn die Salze für sich genommen würden nach Beseitigung der Lösungskraft der letztgenannten Masse durch Ansäuern wiederum nicht hinreichen, die fibrinoplastische Substanz in Lösung zu erhalten, ganz abgesehen davon, dass auch ihre Lösungsfähigkeit für dieselbe, wie ich früher nachgewiesen habe, durch Ansäuern herabgesetzt wird.

In denjenigen Körperflüssigkeiten, welche die fibrinogene Substanz enthalten, befindet sie sich ganz unter denselben Bedingungen gelöst, wie die fibrinoplastische Substanz im Blutserum. Hieraus erklärt sich ein sehr auffälliger Unterschied zwischen dem Verhalten der künstlich dargestellten, rein alkalischen Lösungsgemenge beider Fibringeneratoren und dem ihrer natürlichen Lösungen (Blutplasma, Gemenge von Blutserum und Höhlentranssudat). Neutralisirt man nämlich die ersteren, so werden die Eiweisskörper als solche ausgeschieden, und es kann dann natürlich nicht mehr zur Fibringerinnung kommen; unter denselben Umständen aber gerinnen die letzteren ganz normal, weil sie eben trotz des Neutralisirens in Lösung, und somit auch der Einwirkung des Fibrinfermentes unterworfen bleiben.

---

2. Die fibrinoplastische Substanz (Paraglobulin).

Während der Dialyse scheidet sich sowohl aus dem Blutserum als aus dem Eiereiweiss ein Eiweisskörper in fein vertheilter Gestalt aus, von welchem bereits Aronstein in Betreff des Blutserum angenommen hat, dass er mit der durch Wässerung und schwaches Ansäuern aus demselben fällbaren Eiweisssubstanz identisch ist, welche durch die Dialyse der ihre Auflösung bewirkenden krystalloiden Stoffe beraubt wird. Aronstein führt, um seine Annahme zu beweisen, an, dass jener Niederschlag während der Dialyse nicht auftritt, wenn man dem Blutserum vorher nach der gewöhnlichen Methode seinen Gehalt an fibrinoplastischer Substanz genommen hat und dass umgekehrt durch Wässerung und Ansäuern in solchem Blutserum, welches vorher erschöpfend dialysirt und von dem im Dialysator entstandenen Niederschlag durch Filtriren getrennt worden, keine Fällung bewirkt wird. Noch bequemer ist folgendes Verfahren: Man fälle die fibrinoplastische Substanz aus dem Blutserum durch überschüssigen Zusatz von gepulvertem Kochsalz,

filtrire und bringe das Filtrat, welches nun zugleich eine gesättigte Kochsalzlösung darstellt, in den Dialysator; bei häufigem Wechsel des äusseren Wassers geht das leicht diffundirende Kochsalz rasch davon; in 2—3 Tagen ist die Dialyse beendet, aber die Flüssigkeit im Dialysator bleibt klar und stellt eine reine Albuminlösung dar, welche nun auch nicht mehr durch Wasserzusatz und Ansäuern getrübt wird. Man dialysire andererseits das Blutserum zuerst und filtrire, so bewirkt nun gepulvertes Kochsalz im Ueberschuss keinen Niederschlag mehr. An der Identität des nach diesen verschiedenen Methoden gefällten Eiweisskörpers kann also nicht gezweifelt werden.

Die auf dialytischem Wege ausgeschiedene fibrinoplastische Substanz unterscheidet sich aber in einer Beziehung von der durch Wässern und Ansäuern gefällten, sie ist nämlich beträchtlich schwerer löslich in Natronlösung und Essigsäure als diese. Hieraus auf zwei verschiedene Substanzen schliessen zu wollen, wäre aber doch angesichts der eben angeführten Thatsachen übereilt, weil derjenige Eiweisskörper, welchen man aus gewässertem Blutserum durch Ansäuern gefällt und in gesättigter rein alkalischer Lösung in den Dialysator gebracht hat, sich hier gleichfalls in relativ schwer löslicher Form ausscheidet. Herr Dr. Kapellen, welcher einen bezüglichen Versuch mit einer solchen gesättigten alkalischen Lösung in meinem Institut ausführte, fand, dass die im Dialysator nach sechstägiger Dialyse ausgeschiedene Substanz 6 Mal schwerer in verdünnter Natronlauge und in verdünnter Essigsäure löslich war, als die ursprünglich in denselben gebrachte. Während des Aufenthaltes im Dialysator erleidet die sich ausscheidende Substanz also gleichzeitig eine Umwandlung in Betreff ihrer Löslichkeit. Es scheint, dass die ausgedehnte Berührung mit der atmosphärischen Luft und die Zimmerwärme wenigstens mitwirkende Ursachen dieser Umwandlung sind. Eine gesättigte, alkalische Lösung der reinen fibrinoplastischen Substanz, in einem Glasgefäss, in dünner vor dem Eintrocknen geschützter Schicht aufbewahrt, trübt sich im Laufe einiger Tage zunehmend; mag auch die CO_2 der Atmosphäre bei der Ausscheidung mitwirken, so sind doch diese langsam auftretenden Niederschläge relativ sehr schwer löslich. Es dauert viel länger, ehe die letzteren in einem kalten Raume, oder auch bei Zimmerwärme auftreten, sobald im lezteren Falle die Flüssigkeit in hohen Cylindergläsern aufbewahrt wird. Das Casein, welches von vornherein schwerer löslich in Essigsäure und Natronlauge ist, als die fibrinoplastische Substanz, büsst seine Löslichkeit in diesen Stoffen, während der Ausscheidung im Dialysator, sogar gänzlich ein.

Der schlagendste Beweis für die Identität der im Dialysator sich ausscheidenden Substanz mit der aus verdünntem Serum durch Ansäuern gefällten wird aber dadurch geliefert, dass man durch Auflösen einer hinreichenden Quantität derselben

in abgekühltem Blutplasma oder in irgend einer andern langsam gerinnenden Flüssigkeit das Gewicht des sich ausscheidenden Faserstoffes beträchtlich steigern kann, eine Beobachtung, welche ich in Betreff der durch Ansäuern aus verdünntem Blutserum gefällten Substanz schon früher gemacht habe. Ich werde auf die genauere Ausführung der hier angedeuteten Versuche in einer späteren Arbeit zurückkommen; zur Ergänzung des eben Mitgetheilten führe ich jetzt nur an, dass man durch Hinzufügen des durch Dialysiren und darauf folgendes Filtriren seines Gehaltes an fibrinoplastischer Substanz beraubten Blutserum zu einer gerinnenden Flüssigkeit keinen Zuwachs an Faserstoff erzielen kann. Von einer Identität der fibrinoplastischen Substanz mit dem Albumin kann also keine Rede sein. Man berücksichtige hierbei, dass die Serumsalze, welche allenfalls als Gerinnungshindernisse angesehen werden können, ja eben durch Dialyse entfernt worden sind. Wegen der viel grösseren Masse an Substanz müsste aber, jene Identität vorausgesetzt, die aus dem Dialysator gewonnene Serumalbuminlösung eine viel beträchtlichere Fibrinvermehrung bewirken, als der in demselben entstandene Niederschlag.

Quantitative Bestimmungen der fibrinoplastischen Substanz lassen sich mit Hülfe der Dialyse besser als auf irgend einem andern Wege ausführen. Ich liess zu diesem Zwecke die Dialyse gewöhnlich nur 24 bis 36 Stunden währen, brachte dann den meist schon mehr oder weniger stark getrübten Inhalt des Dialysators unter Nachspülen mit destillirtem Wasser in ein hohes Cylinderglas und leitete einige Kohlensäureblasen durch die Flüssigkeit, wodurch die Fällung vollständig wird. Die auf diese Weise aus dem nur sehr wenig verdünnten Blutserum sich ausscheidende Substanz ist viel grobkörniger als bei Darstellung derselben nach der gewöhnlichen Methode; sie senkt sich deshalb leicht und verstopft die Filtra nicht. Nach 24 stündigem Stehen in einem kalten Raume hatte sich der Bodensatz im Cylinderglase so fest zusammengeballt, dass der grössere Theil der Flüssigkeit ohne Verlust an Substanz durch Abgiessen entfernt werden konnte; der Rest wurde auf ein gewogenes Filtrum gebracht. Die Flüssigkeit tropft schnell ab, das Auswaschen geht leicht und wiederum ganz ohne Verlust an Substanz von Statten; es wurde damit fortgefahren, bis das Filtrat weder durch Essigsäure und Blutlaugensalz noch durch salpetersaures Silber mehr getrübt wurde. (Das letztere ist, wie ich später zeigen werde, kein Reagens gegen reines Albumin in verdünnter Lösung, wohl aber gegen die Extractivstoffe des Blutserum, in welchem dieselben wegen nicht beendeter Dialyse ja grossentheils zurückgeblieben waren.) Darauf wurde die Substanz mit Alkohol und Aether extrahirt, getrocknet und gewogen. Ich füge hinzu, dass dieselbe so gereinigt vollkommen aschenfrei ist.

Wie ich in einer kürzlich gedruckten vorläufigen Mittheilung bereits angedeutet habe, und später ausführlicher nachzuweisen mir vorbehalte, ist die fibrino-

plastische Substanz als aufgelöste Zellsubstanz zu betrachten. Quantitative Bestimmungen des Gehaltes des Blutserum an diesem Eiweisskörper sind demnach von Wichtigkeit, weil sich hieraus ein annähernder Schluss auf die Masse der durch denselben repräsentirten, untergegangenen Elemente bilden lässt. Ich habe deshalb mehrere solche Gewichtsbestimmungen ausgeführt, deren Resultate in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt sind; sämmtliche beziehen sich auf Rinderblutserum, welches zu jedem Versuche von einem andern Exemplare gewonnen worden war. Die Zahlen der zweiten Colonne drücken in Grammen das Gewicht der in 100 Ccm. Blutserum enthaltenen fibrinoplastischen Substanz aus.

Nummer des Versuches	Trockengewicht der fibrinoplastischen Substanz
I	1,105
II	0,848
III	1,005
IV	1,072
V	0,518
VI	0,751
VII	0,909
Im Mittel	0,887

Mit Pferdeblut habe ich nur einen derartigen Versuch angestellt; ich erhielt 0,539 Gramm getrockneter Substanz aus 100 Ccm. Serum.

In Betreff aller dieser Bestimmungen wäre nur noch zu erwähnen, dass ich die Ausscheidung der fibrinoplastischen Substanz nur dann für vollständig angesehen habe, wenn die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit weder durch Wässerung und nochmalige CO_2-Durchleitung, noch durch abermaliges Dialysiren im Geringsten getrübt wurde.

Auch aus dem Eiereiweiss scheidet sich während der Dialyse ein Eiweisskörper in feinkörniger Gestalt aus. Dass derselbe fibrinoplastische Substanz ist, schliesse ich nicht blos aus dem gleichen chemischen Verhalten, sondern namentlich aus dem Umstande, dass auch dieses Präcipitat die Faserstoffausbeute aus gerinnenden Flüssigkeiten, in welchen man dasselbe auflöst, vergrössert. So ist es also nun auch möglich, sich ohne Mühe die fibrinoplastische Substanz ohne Beimengung von Fibrinferment zu verschaffen.

Die folgende Tabelle zeigt übrigens, dass der Gehalt des Eiereiweisses an dieser Substanz viel geringer ist als der des Blutserum. Die Zahlen der zweiten Verticalreihe bedeuten Gramme und beziehen sich wiederum auf 100 Ccm. Eiereiweiss.

Nummer des Versuches	Trockengewicht der fibrinoplastischen Substanz
I	0,148
II	0,136
III	0,114
IV	0,137
Im Mittel	0,134

---

3. Das Serum- und Eialbumin.

Ich schicke hier zunächst eine übersichtliche Zusammenstellung der Quantitäten löslicher Salze voraus, welche ich in einer Reihe von Versuchen im Diffusat des Blutserum sowohl, als des Eiereiweisses gefunden. Behufs dieser Bestimmungen wurde der getrocknete Rückstand der Diffusate vorsichtig verkohlt, die Kohle mit kochendem Wasser vollkommen extrahirt, die Gesammtmenge der Wasserextracte im Platintiegel abgedampft, der Rückstand schwach geglüht und gewogen. In den meisten Fällen währte die Dialyse nur etwa 24 Stunden; ich brauche kaum hinzuzufügen, dass ich mich jedesmal durch eine besondere Analyse der im Dialysator enthaltenen Eiweisslösung davon überzeugte, dass die letztere zur Zeit der Unterbrechung der Dialyse keine Spur in Wasser löslicher Salze mehr enthielt. Die Dialyse geschah jedes Mal mit 25 Ccm. der betreffenden Flüssigkeiten.

Die Zahlen der zweiten und dritten Vertikalreihe beziehen sich auf 100 Ccm. Blutserum resp. Eiereiweiss.

Nummer des Versuches	Lösliche Diffusatsalze aus dem Blutserum	Lösliche Diffusatsalze aus dem Eiereiweiss
I	0,752	0,580
II	0,805	0,575
III	0,796	0,549
IV	0,772	0,613
V	0,754	0,621
VI	0,793	

Die Zahlen stimmen gut mit den Resultaten früherer Analysen beider Flüssigkeiten, und es ergibt sich auch hieraus, dass dieselben von den löslichen Salzen durch Dialyse vollkommen befreit werden können. Diese Salze haben also jedenfalls nichts mit dem gelösten Zustande des Albumins zu thun. Es fällt ferner auf,

dass das Eiereiweiss absolut, und noch mehr in Relation zu seinem bekanntlich viel grösseren Eiweissgehalt beträchtlich ärmer an Albumin ist, als das Blutserum.

Als Aronstein in meinem Institute seine Versuche anstellte, glaubten wir in einem zusammengerollten Ballen einen grossen Vorrath des älteren sehr feinen und dichten englischen Pergamentpapieres zu besitzen, leider bestanden aber nur die obersten Lagen aus demselben, so dass wir unseren Irrthum erst merkten, als bereits der letzte Bogen in Arbeit genommen wurde. Es kann mithin die Richtigkeit der Aronstein'schen Behauptung, dass auch die unlöslichen Salze durch Dialyse ohne Fällung des Eiweisses vollkommen entfernt werden können und dass letzteres einen einfach in Wasser löslichen Körper darstellt, nicht controlirt werden, so lange das von ihm benutzte Papier nicht wieder zu beschaffen ist. Eben deshalb will ich mich auch nicht auf seine Versuche in Betreff der unlöslichen Aschenbestandtheile berufen. Allein es möchte in dieser Hinsicht genügen, dass es möglich ist, die unlöslichen Aschenbestandtheile und die mit ihnen verbundenen organischen Substanzen bis auf verschwindend kleine, nur noch qualitativ nachweisbare Spuren ohne Fällung des Eiweisses zu entfernen; dieses gelingt auch mit dem jetzigen, Jedermann zu Gebote stehenden de la Rue'schen Pergamentpapier; so habe ich in zwei Versuchen den in je 15 Ccm. unverdünnten Eiereiweisses enthaltenen unlöslichen Aschenrückstand durch dreitägige Dialyse auf einen in die vierte Decimalstelle und deshalb auch in die Fehlergrenzen der Wägung fallenden Werth herabgedrückt; in dem einen dieser Versuche war die Eiweisslösung schwach angesäuert worden, in dem andern kam sie bei ihrer natürlichen Reaction zur Benutzung. Ebenso ist es mir gelungen, gleichfalls durch drei- bis viertägige Dialyse den unlöslichen Aschenrückstand in 25 Ccm. Rinderblutserum zwei Mal auf 0,001 Gramm, in zwei andern Fällen auf 0,003, resp. 0,004 Gramm zu reduciren; alles ohne Fällung des Albumins. Um es so weit zu bringen, ist allerdings ein energisches Vorgehen bei der Dialyse in Hinsicht des Wasserwechsels, besonders bei dem, wie es scheint, schwerer zu reinigenden Blutserum, von Nöthen.

Ich halte demnach das Albumin für einen in Wasser löslichen Eiweisskörper; will man diese Annahme auf Grund der eben angeführten Mängel meiner dialytischen Versuche bezweifeln, so muss man doch zugeben, dass dann nur die in Wasser unlöslichen Aschenbestandtheile, resp. gewisse noch unbekannte Extractivstoffe das Lösungsmittel für das Albumin bilden; man muss sich mit der Vorstellung befreunden, dass sie ihre Wirkung noch in Quantitäten ausüben, welche, verglichen mit der Menge der durch sie gelösten Substanz, als Spuren bezeichnet werden dürften, und dass sie demnach, trotz ihrer absolut geringen Menge, im Blutserum sowohl, als im Eiereiweiss, in Hinsicht auf die fragliche Wirkung in ungeheuerem Ueberschuss vorhanden sind.

Bevor ich über meine, die Eigenschaften des gereinigten Albumin betreffenden Versuche berichte, halte ich für nöthig zu erwähnen, dass ich zwar nicht jedesmal eine quantitative Bestimmung der trotz der Dialyse zurückgebliebenen, unlöslichen Aschenbestandtheile gemacht, wohl aber dieselbe stets über wenigstens drei Tage ausgedehnt habe. Die Temperatur belief sich auf ca. 13°, Fäulnisssymptome traten dabei nicht ein.

Bei einer Schwefelbestimmung lieferten 1,6143 Gramm bei 100 bis 110° C. getrockneten, dialytisch gereinigten Serumalbumins 0,1719 Gramm schwefelsauren Baryt, welche 0,02361 Gramm Schwefel entsprechen. Der Schwefelgehalt des Serumalbumins betrug also 1,46 Proc. Nach Abscheidung des schwefelsauren Baryts war im Filtrat Phosphorsäure zwar qualitativ durch molybdänsaures Ammon mit Sicherheit nachweisbar, quantitativ aber nicht bestimmbar. Dieselbe stammte offenbar nicht aus dem Eiweiss, sondern gehörte den dem letzteren noch anhaftenden Extractivstoffen an. Das gefundene Schwefelprocent stimmt mit den Resultaten früherer Analysen.

Eine filtrirte, reine Ei- oder Serumalbuminlösung ist fast vollkommen klar und reagirt neutral. Beim Kochen wird sie opalisirend, was auch Aronstein bemerkt hat. Diese Opalescenz ist nicht als Andeutung einer durch Spuren zurückgebliebener Salze bewirkten Gerinnung zu fassen, wie Aronstein meinte, sondern sie ist nur das äussere Merkmal einer durch die Siedhitze bewirkten Umwandlung des Eiweisskörpers, auf welche ich noch zurückkommen werde. So lange noch lösliche Salze in der Albuminlösung sich befinden, bewirkt Kochen stets flockige Ausscheidungen, deren Menge natürlich mit der Menge der Salze wächst; fehlen sie aber, so tritt beim Kochen die Opalescenz ein, die aber von den anderweiten in den Eiweisslösungen neben dem Albumin noch zurückgebliebenen, verunreinigenden Beimengungen durchaus unabhängig erscheint; sie nimmt wenigstens keineswegs mit der Menge der letzteren ab. Man bemerkt die Opalescenz am besten, wenn man die Eiweisslösung vor dem Kochen stark verdünnt, etwa mit 8—10 Volum destillirtem Wasser. Die unverdünnte Lösung opalisirt so mächtig, dass sie ganz undurchsichtig erscheint, und man an eine Coagulation glauben könnte. Nachträgliche Verdünnung zeigt alsdann, dass keine Spur einer wirklichen Eiweissgerinnung stattgefunden hat.

Setzt man zu einer gereinigten Ei- oder Serumalbuminlösung Essigsäure in so geringer Menge, dass das Lackmuspapier dieselbe gar nicht angibt, und erhitzt sie zum Kochen, so wird das Albumin vollständig gefällt. Der Niederschlag ist schwer löslich in Alkalien, unlöslich in Essigsäure und in Kochsalz. Der geringste Ueberschuss an Essigsäure hindert den Eintritt der Fällung, ja auch der Opalescenz, die Lösung bleibt klar, aber in ihr befindet sich bereits wesentlich modificirtes

Eiweiss. Um in normalen, salzhaltigen Eiweisslösungen dieselbe Umwandlung beim Kochen zu bewirken, ist ein viel grösserer Essigsäurezusatz erforderlich; Säuremengen, die man hier gewöhnlich anwendet, um das Eiweiss nach Verdünnung und unter Anwendung der Siedhitze zu coaguliren, sind dort bereits bei weitem überschüssig, und hindern die Coagulation. Dabei hat der Wassergehalt der Lösung durchaus keinen Einfluss auf die zur Fällung resp. Herbeiführung der in Rede stehenden Modification des Albumins nöthige Säuremenge.

Kocht man eine reine Ei- oder Serumalbuminlösung mit einem neutralen Alkalisatze, z. B. mit Kochsalz, das ich fast allein benutzt habe, so wird das Albumin gefällt, als eine sowohl in concentrirter Essigsäure, als selbst in concentrirter Natronlauge unlösliche Masse. Je mehr Wasser aber die Lösung enthält, desto grösserer Kochsalzmengen bedarf es zur Fällung. Diese Fällung durch Kochsalz wird durch Spuren von Alkalien gehindert, indem dieselben gleichfalls eine Umwandlung des Albumins bewirken.

Die coagulirende Wirkung einer gegebenen Kochsalzmenge kann demnach durch Verdünnung mit Wasser aufgehoben werden. Gibt man einer salzfreien Eiweisslösung von ungefähr derselben Concentration wie die der natürlich vorkommenden einen Kochsalzgehalt, der gleichfalls dem Gehalt der letzteren ungefähr entspricht, so gerinnt sie beim Erhitzen; verdünnt man sie jedoch mit 10—15 Theilen Wasser, so bewirkt das Kochen nur Opalescenz, und man hat modificirtes Albumin erzeugt, so gut wie beim Kochen im salzfreien Zustande; die Salze sind also so gut wie gar nicht mehr vorhanden. Dasselbe gilt vom unveränderten, salzhaltigen Blutserum und Eiereiweiss. Man neutralisire dieselben genau, um die gerinnunghemmende Wirkung der alkalisch reagirenden Salze zu beseitigen, und erhitze sie zum Sieden, so gerinnt die Flüssigkeit durch und durch; mit 10—15 Theilen Wasser verdünnt dagegen bewirkt man durch Kochen Opalescenz, und in der Lösung befindet sich dieselbe Eiweissmodification, welche man auch durch Kochen der salzfreien Lösung gewinnt. Hat man aber nur eine Spur mehr von der Säure hinzugefügt, als zur Neutralisirung erforderlich ist, so tritt, wie bei einer äusserst schwach angesäuerten, ganz salzfreien Albuminlösung, vollständige Gerinnung ein; dieselbe ist aber nun hier wie dort die Wirkung der Säure und nicht der Salze.

Nur in einer Beziehung bedingt die Gegenwart solcher an sich zur Coagulirung in der Siedhitze nicht hinreichenden Salzmengen einen Unterschied. Wie ich nämlich bereits angegeben habe, wird salzfreies Albumin in der Siedhitze durch Essigsäurequantitäten, welche zwar etwas grösser sind, als die zur Coagulirung erforderlichen, an sich aber immer noch ausserordentlich klein sind, ohne Fällung in eine modificirte Eiweissform übergeführt. Die neutralen Alkalisalze sind nun

aber für diese Umwandlung ein relatives Hinderniss; sie fällen in hinreichender Menge das modificirte Eiweiss aus seiner sauren Lösung, resp. sie hindern, wenn von vorneherein vorhanden, die Entstehung dieser Lösung durch Einwirkung der Säure. Je mehr Säure vorhanden ist, desto mehr Salz ist zur Fällung erforderlich, und je grösser der von vorneherein gegebene Salzgehalt ist, desto mehr Säure muss zur Ueberführung in jene lösliche Modification hinzugegeben werden. Wird in letzterem Falle weniger Säure hinzugefügt, als zu jener Modificirung des Eiweisses erforderlich ist, so wird dasselbe beim Kochen coagulirt. Ob in solchem Falle, bei reichlichem Salzgehalte, die Gerinnung von den Salzen allein abhängt, oder von der Säure allein, oder von beiden zusammen, ist zunächst eine müssige Frage; die Hauptsache ist, dass ein Salzgehalt, der klein genug ist, um an sich das Albumin in der Siedhitze nicht zu fällen, die Grenzen der coagulirenden Wirkung der Säure erweitert, so dass nun ein verhältnissmässig starker Säurezusatz erforderlich ist, ehe es gelingt, die Fällung des Albumins zu hindern und die Ueberführung in die Säuremodification zu bewirken. Bringt man deshalb in eine reine Eiweisslösung nur sehr wenig Kochsalz, so dass beim Kochen, wie bei Mangel der Salze, nur Opalescenz eintritt, und sucht nun diejenigen Essigsäuremengen auf, durch welche noch die Coagulation beim Sieden bewirkt werden kann, so bemerkt man sogleich, dass dieselben viel grössere sein können, als beim Fehlen der Salze. Die Gerinnsel haben aber viel mehr die Beschaffenheit der durch Spuren von Essigsäure, als der durch Kochsalz in reinen Albuminlösungen beim Kochen erzeugten. Hiernach braucht man beim Neutralisiren von Blutserum und Eiereiweiss nicht zu ängstlich zu verfahren und nicht zu befürchten, dass das Klarbleiben der neutralisirten Flüssigkeiten, im stark verdünnten Zustande nicht sowohl auf der Unwirksamkeit der ihnen ursprünglich angehörenden Salze, als vielmehr auf ein beim Neutralisiren hineingerathenes geringes Plus an Säure beruht. Es kann bei einiger Vorsicht im Neutralisiren nur zweierlei geschehen: entweder die Flüssigkeit ist neutral oder selbst noch schwach alkalisch, dann wird sie nach dem Verdünnen durch Kochen nur opalisirend, oder bleibt klar; oder sie ist schwach sauer, dann wird das Albumin coagulirt; noch grössere Säuremengen, welche diese Fällung hindern könnten, kann man nicht leicht unabsichtlich hinzubringen; ausserdem würde man diese Art der Lösung sogleich daran erkennen, dass die Flüssigkeit gleichfalls nicht opalisirend, sondern im Gegentheil noch klarer wird als sie früher war, durch vorsichtiges Neutralisiren mit verdünnten Alkalien aber gefällt wird. Andere Erkennungsmittel werden sich aus dem Folgenden ergeben.

Erfahrungsgemäss coagulirt man schon längst das Albumin in seinen natürlichen Lösungen durch starkes Verdünnen, Ansäuern und Kochen. Die alkalische Reaction muss zunächst beseitigt werden, weil sie nur eine schlechte, unvollkommene

Gerinnung zu Stande kommen lässt, wenngleich sie nicht intensiv genug ist, um die durch die Salze im unverdünnten Zustande bewirkte Coagulirung ganz zu hindern. Die einfach neutralisirte, aber nicht verdünnte Flüssigkeit gerinnt nun zwar beim Kochen vollständig, aber vom Filtriren kann keine Rede sein; man verdünnt sie deshalb stark; hierdurch beseitigt man aber gerade die coagulirende Wirkung der Salze und dies ist vortheilhaft, weil man statt dessen die der Säure einsetzt, welche ja stets in grösserer Menge hinzugefügt wird, als zum Neutralisiren erforderlich ist. Man könnte natürlich die Gerinnung der verdünnten Flüssigkeit in der Siedhitze auch durch reichlichen Salzzusatz bewirken; aber die Gerinnsel, welche durch Salze in einer stark verdünnten Eiweisslösung erzeugt werden, sind schlecht entwickelt, leicht zerfallend, ein grosser Theil der coagulirten Substanz befindet sich in fein zertheiltem Zustande, kurz die Filtration geht sehr schlecht von Statten. Die Säuregerinnsel in salzfreien Eiweisslösungen, als welche ja in gewissem Sinne das stark verdünnte Blutserum oder Eiereiweiss betrachtet werden können, ballen sich dagegen fest zusammen, und hinterlassen eine klare, leicht filtrirende Zwischenflüssigkeit; dabei bedingt aber der vorhandene, natürliche Salzgehalt den Vortheil, dass man mit dem Ansäuern ziemlich dreist verfahren kann, ohne eine theilweise oder gar gänzliche Behinderung der Coagulation befürchten zu müssen; die Beschaffenheit dieser Gerinnsel stimmt aber so sehr mit derjenigen der in ganz salzfreien Eiweisslösungen durch Sieden mit Spuren von Essigsäure erzeugten überein, dass man sie wohl nur als Säuregerinnsel ansehen kann.

A r o n s t e i n bemerkte wohl, dass die neutrale und schwach sauer reagirende salzfreie Eiweisslösung beim Kochen nicht gerinnt, nicht aber, dass es einen noch viel geringeren Säuregrad gibt, bei welchem ihre Gerinnung doch eintritt. Ihm kam es, indem er seine salzfreien Eiweisslösungen vor dem Kochen verdünnte und s c h w a c h a n s ä u e r t e, nur darauf an, zu zeigen, dass die Hitzegerinnung in denselben auch ausbleibt unter Umständen, wo sie beim gewöhnlichen Salzgehalt am allersichersten und vollständigsten eintritt, und in der That blieb sie vollständig aus; er betrachtete daher auch n u r die Salze als Ursachen der Hitzegerinnung. Er bemerkte aber nicht, dass die Wirkung der Säure unter anderen Umständen eben auch eine andere ist, dass sie namentlich vom Salzgehalte der Lösung selbst abhängig ist, und dass demnach die von ihm angewendeten sehr kleinen Säuremengen, durch welche in den natürlichen, salzhaltigen Eiweisslösungen die Hitzegerinnung bewirkt worden wäre, in ihrer Wirkung auf die salzfreien doch äquivalent waren denjenigen viel grösseren Säurequantitäten, durch welche die Hitzegerinnung in den ersteren aufgehoben wird. Durch an sich schwache, aber relativ zu starke Ansäuerung hinderte er also geradezu den Eintritt der Gerinnung. Folgerichtigerweise sah er auch nicht, dass es für die salzfreien Eiweisslösungen einen noch

viel geringeren Säuregrad gibt, welcher in Betreff seiner Wirkung in der Siedhitze äquivalent ist demjenigen, durch welchen die salzhaltigen beim Kochen coagulirt werden, und dass es daher neben der coagulirenden Wirkung der Salze auch eine solche der Säuren gibt. In Beziehung auf die letzteren stimmen gerade die salzfreien und die salzhaltigen Eiweisslösungen vollkommen überein; man kann beide durch Kochen mit Säuren coaguliren, und in beiden eben dadurch bei etwas grösserem Säurezusatz die Gerinnung verhindern; nur die absoluten Säurequantitäten, durch welche die eine oder die andere dieser Wirkungen erzielt werden soll, sind verschieden, je nachdem die Flüssigkeiten Salze enthalten oder salzfrei sind. Aronstein's richtige Annahme, dass unter gewöhnlichen Umständen nur die Salze die Gerinnung der natürlichen Eiweisslösungen beim Kochen bewirken, kann also nicht dadurch bewiesen werden, dass sie in salzfreien Albuminlösungen, sogar nach Ansäuern derselben, ausbleibt, sondern nur dadurch, dass sie in denselben auch ohne Ansäuern nicht eintritt, nach Salzzusatz aber sich sofort wieder einstellt.

Erhitzt man durch Dialyse gereinigtes und im Vacuum vollkommen getrocknetes Eialbumin im Luftbade, so behält es seine Löslichkeit in Wasser bis 155° C.; bei 160° C. wird es theilweise unlöslich, aber erst bei einer Temperatur von ca. 170° wird es in seiner ganzen Masse unlöslich. Gereinigtes oder getrocknetes Serumalbumin blieb bis nahezu 170° vollkommen löslich, war aber bei weiterer Erhitzung bis 180° schon ebenso vollkommen unlöslich geworden.

Wie ich beiläufig bereits mehrfach ausgesprochen habe, wird das reine Albumin durch Kochen mit Essigsäure, sobald dieselbe nur in grösserer Menge, als zur Fällung erforderlich, vorhanden ist, ohne Fällung in eine modificirte Form übergeführt; dasselbe geschieht beim Kochen mit Alkalien, nur dass die letzteren noch energischer wirken, so dass wirklich nicht mehr messbare Quantitäten derselben zur Herbeiführung dieser Wirkung hinreichen. Dieselbe Umwandlung kann auch in der Kälte bewirkt werden, nur ist dazu eine etwa 24stündige Einwirkung concentrirter Alkalien, resp. concentrirter Essigsäure erforderlich.

In beiden Fällen entsteht eine caseinartige Eiweisssubstanz, mithin ein in Wasser und neutralen Alkalisalzen unlöslicher, in Natron und Essigsäure löslicher Körper, welcher demnach, sobald die Umwandlung beendet ist, durch Neutralisiren gefällt wird, im Ueberschuss des Fällungsmittels sich aber wieder auflöst. Indem ich unter Vermeidung der Namen Acidalbumin, Alkalialbuminat u. s. w. über meine Beobachtungen kurz berichten will, schicke ich voraus, dass ich bis jetzt keine sicheren Unterschiede zwischen der durch Natron und der durch Essigsäure aus ein und derselben Eiweisslösung erzeugten Substanz bemerkt habe; grössere Unterschiede finden sich aber zwischen der Modification des Serum- und des Eialbumins. Da die Neutralsalze die Reactionen dieses Körpers beeinflussen, so ist es, namentlich

wenn die Umwandlung durch grössere Mengen Natronlauge oder Essigsäure bewirkt wurde, durchaus nöthig, das bei der Ausscheidung der Substanz durch Neutralisiren gebildete Salz durch Filtriren und Auswaschen zu entfernen und dann erst die Reactionen vorzunehmen.

Säuremodification. Dieselbe ist immer löslich in verdünnten Alkalien, gleichgültig wie gross oder wie klein die Säuremenge war, welche beim Kochen oder in der Kälte die Umwandlung bewirkte; dagegen wuchs ihre Löslichkeit in Essigsäure umgekehrt mit der Menge der zu ihrer Darstellung verbrauchten Säure, so dass, wenn dieselbe in der Kälte stattfand, oder auch durch Kochen mit nicht allzu kleinen Säuremengen, auch wiederum höhere Concentrationsgrade der Säure zur Auflösung der gefällten Substanz nöthig wurden. Das Gesagte gilt vom Serum- sowohl als vom Eialbumin. In Kochsalz ist die Säuremodification beider Eiweissarten unlöslich. Bei der Darstellung in der Kälte zeigte sich aber ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden; nur der aus dem Eialbumin erhaltene Körper lässt sich nämlich nach 24 stündiger Einwirkung concentrirter Essigsäure durch Neutralisiren fällen; die Lösung des Serumalbumins bleibt klar. Man könnte daran denken, dass das Serumalbumin in der Kälte immer noch längerer Einwirkung der concentrirten Essigsäure zu seiner Umwandlung in einen in Wasser und neutralen Alkalisalzen unlöslichen Körper bedurfte, oder dass der aus demselben in der Kälte entstehende Körper zwar unlöslich in Wasser, aber löslich in neutralen Alkalisalzen ist, welche ja gerade beim Neutralisiren der von mir kalt mit Essigsäure behandelten Serumeiweisslösung in grosser Menge gebildet wurden. Ich muss die Entscheidung über diese Alternative für's Erste aufschieben.

Die Säuremodification beider Albumine wird aus ihrer sauren Lösung durch Zusatz concentrirter Kochsalzlösung, sowohl beim Kochen, als in der Kälte gefällt; beim Kochen sind dazu jedoch viel kleinere Kochsalzmengen nöthig als in der Kälte. Der Niederschlag ist durchaus unlöslich in Essigsäure und Kochsalz, nur löslich in Natronlauge und zwar der in der Kälte entstandene schon in sehr verdünnter, der unter Mitwirkung der Siedhitze erzeugte aber nur in concentrirter.

Aus alkalischer Lösung fällt Kochsalz beide modificirte Albumine nur, wenn die Alkalescenz eine äusserst geringe ist, und auch dann nur in der Siedhitze, wobei zugleich kolossale Mengen des Salzes zugesetzt werden müssen; von einer gewissen Grenze der Alkalescenz an, welche immer noch sehr niedrig lag, gelang mir die Coagulirung durch Kochen mit Chlornatrium gar nicht mehr. Das Coagulum, wenn es entsteht, ist durchaus unlöslich, selbst in concentrirter Natronlauge.

Alkalimodification. Da ich dieselbe in allem Wesentlichen übereinstimmend mit der soeben beschriebenen Eiweissform gefunden habe, so führe ich nur einen Unterschied, welcher noch dazu ein gradueller ist, an. Die durch Alkalien

erzeugte Substanz ist nämlich unter allen Umständen, mögen dieselben in geringer oder in grosser Menge eingewirkt haben, nicht in verdünnter, sondern in concentrirter Essigsäure löslich. Ferner wird nicht blos die aus dem Eiereiweiss, sondern auch die aus dem Serumalbumin durch concentrirte Natronlauge in der Kälte dargestellte Modification beim Neutralisiren gefällt; hierin braucht aber durchaus kein Unterschied von der Säuremodification des Serumalbumins begründet zu sein, da die zur Herbeiführung der Umwandlung nöthig erscheinende Menge der Säure viel grösser war, als die der Natronlauge und deshalb beim Neutralisiren auch viel mehr Salz lieferte. Die durch Natronlauge in der Kälte, nicht aber die in der Hitze gebildete Substanz ist löslich in grossen Mengen Kochsalz.

Ich schalte hier, ehe ich weiter gehe, ein Paar Bemerkungen von allgemeiner Bedeutung ein. Wenn ich nämlich von irgend einer Eiweissmodification aussage, dass sie unlöslich in Natronlauge ist, so ist damit immer nur eine relative Unlöslichkeit und keine absolute gemeint; durch langdauernde Einwirkung grosser Mengen concentrirter Alkalien werden wohl alle Eiweissniederschläge, welche man überhaupt erzeugen kann, gelöst; die Unterschiede in der Löslichkeit sind also nur graduelle, Kochen mit Natronlauge löst alle in kürzester Zeit, wie das schon bekannt ist. Ferner hebe ich hervor, dass sämmtliche in Alkalien und Säuren leicht löslichen Albuminniederschläge sofort relativ unlöslich werden, wenn sie in Wasser suspendirt gekocht werden.

Durch Siedhitze erzeugte Albuminmodification. Trocknet man eine gekochte, salzfreie Albuminlösung im Vacuum über Schwefelsäure, so ist der Rückstand in Wasser vollkommen unlöslich, ebenso in concentrirter Kochsalzlösung, löslich nur in concentrirter Natronlauge und in kochender Essigsäure. Dabei haftet er nicht, wie der Rückstand der ungekochten Albuminlösung, an den Wänden und am Boden des Gefässes, sondern er besitzt ganz das Volum der ursprünglichen Lösung und erscheint als eine poröse, äusserst leichte Masse, die durch den schwächsten Luftzug, eine unbedeutende plötzliche Bewegung des Gefässes, einen schwachen Athmungsstrom u. dgl. in alle Winde auseinander getrieben wird; sie bleibt gewissermaassen als ein Gerüst der Eiweisslösung zurück, welches um so leichter und zarter gebaut ist, je stärker verdünnt dieselbe war.

Graham vergleicht bekanntlich das Albumin als colloide Substanz mit der löslichen Kieselerde. Man kann seinen Gründen hinzufügen, dass die Gerinnung beider Substanzen beim Sieden durch die ihnen stets anhangenden neutralen Alkalisalze bewirkt wird. Von der Kieselsäure gibt Graham dies selbst an; er fand, dass sie nach Entfernung der Salze durch Diffusion in der Siedhitze nicht mehr gerann, beim Albumin hat er dasselbe Verhalten allerdings nicht bemerkt. Aber der trockene Rückstand des primären Albumins ist in Wasser löslich, nicht der der

Kieselsäure. Dieser Unterschied schwindet beim Kochen des Albumins; der hierbei entstehende Körper kann also jedenfalls mit noch mehr Recht mit der Kieselsäure verglichen werden, als das primäre Albumin.

Man könnte sich vorstellen, dass das Albumin beim Sieden seiner salzfreien Lösung aus dem Zustande des Gelöstseins in den einer unendlichen Quellung übergeht; von dieser Zustandsänderung wäre das sichtbare Zeichen die beim Kochen eintretende Opalescenz, ebenso das bei langsamer Wasserentziehung zurückbleibende schwammartige Gerüst. Bei der Wasserentziehung nähern sich die Eiweisstheilchen einander noch mehr und ziehen sich deshalb so stark an, dass sie nun nicht mehr durch Einwirkung des Wassers von einander entfernt werden können, wohl aber durch die der Alkalien und gewisser Säuren, in welchen die Substanz sich deshalb löst. In diesem Zustande stellt sich das Albumin als coagulirt dar. Dieselbe Gerinnung kann auch durch Erhitzen des bereits getrockneten primären Albumins herbeigeführt werden; nur sind dazu, besonders bei Abwesenheit von Salzen, verhältnissmässig hohe Hitzegrade erforderlich.

Es gibt nur zwei Mittel, um die Fällung und zugleich den vollkommensten Grad der Coagulirung des Albumins aus seiner Lösung zu bewirken: das eine Mittel ist Kochen der reinen, wässerigen Lösung des primären Albumins mit Spuren von Säure, das andere, Kochen derselben oder auch der sauren oder schwach alkalischen Lösung des modificirten Albumins mit concentrirten, neutralen Alkalisalzlösungen. Es lässt sich denken, dass Spuren von Säure in der Siedhitze die Anziehungen der Wasser- und Eiweisstheilchen zu sich selbst, resp. zu einander so verändern, dass die letzteren nun wiederum bis zum äussersten Grade an einander rücken können, während grössere Mengen von Säuren und ebenso Alkalien die Substanz lösen. In Betreff der neutralen Alkalisalze liegt die Annahme nahe, dass sie in der Siedhitze entweder wie minimale Säuremengen durch Abänderung der molecularen Anziehungen oder durch Wasserentziehung wie die Luftpumpe wirken. Aus essigsaurer Lösung wird das Albumin durch Kochsalz zwar auch in der Kälte gefällt, aber die Substanz ist dann offenbar viel weniger energisch coagulirt, da sie in verdünnten Alkalien und unter Umständen selbst auch in verdünnter Essigsäure löslich ist.

Ich erwähne hier noch, dass ich den getrockneten Rückstand der gekochten reinen Serumalbuminlösung, der gleichfalls schwammartig war, noch theilweise in Wasser löslich fand. Wahrscheinlich ist für die Ueberführung dieses Albumins in den coagulirten Zustand ein längeres Trocknen erforderlich. Der unlösliche Theil des Rückstandes löste sich nämlich gleichfalls in concentrirter Natronlauge und kochender Essigsäure, der lösliche verhielt sich aber wie das ursprüngliche, gekochte,

nicht wie das primäre. Albumin, also hatte die durch das Kochen zu bewirkende Umwandlung sich auf die ganze Masse desselben erstreckt.

Der durch Siedhitze erzeugte Eiweisskörper unterscheidet sich aber noch in einer anderen Beziehung von dem genuinen Albumin. Die wässerige Lösung des letzteren wird in der Kälte durch Essigsäure überhaupt gar nicht, in der Siedhitze aber nur durch minimale Mengen derselben gefällt; setzt man aber zu der gekochten Lösung nach dem Erkalten Essigsäure hinzu, und zwar in ebenso kleinen Mengen, wie zur Fällung des genuinen Albumins beim Kochen nothwendig ist, so erhält man einen Niederschlag; sie wird also in der Kälte gefällt; der Niederschlag ist jedoch leicht löslich in verdünnten Alkalien, verdünnten Säuren (weshalb er sich im Ueberschuss des Fällungsmittels sofort wieder auflöst), unlöslich in Wasser. Der aus dem gekochten Eialbumin in der Kälte erhaltene Niederschlag ist auch unlöslich in Kochsalz, nicht aber der aus dem gekochten Serumalbumin. Man sieht also, dass die gleichzeitige Einwirkung der Siedhitze und der Säure eine viel energischere Coagulation herbeiführt, als die zeitlich auf einander folgende.

Aehnliche Erfahrungen macht man bei Anwendung des Kochsalzes zum Behufe der Fällung. Dasselbe coagulirt das primäre Albumin nur in der Siedhitze; hat man aber die Eiweisslösung zuerst ein Mal gekocht und setzt nun nach dem Erkalten Kochsalz hinzu, so erfolgt keine Gerinnung; sie tritt wiederum nur beim Sieden mit Kochsalz ein, aber es sind dazu jetzt etwa 20 bis 30 Mal grössere Salzquantitäten erforderlich, als zur Coagulirung des primären Albumins.

Vom Standpunkte des obigen Erklärungsversuches für die Albumingerinnung würden diese Erfahrungen besagen, dass die dort angenommene Wirkung minimaler Säuremengen und concentrirter neutraler Alkalisalzlösungen im Momente der durch die Siedhitze bewirkten Umwandlung des Albumins stärker ist, als nach Beendigung derselben.

Löst man den in einer gekochten Albuminlösung nach dem Erkalten durch minimalen Essigsäurezusatz erhaltenen Niederschlag in verdünnter Essigsäure oder in verdünnter Natronlauge auf, so zeigt die Substanz, so weit ich bis jetzt gesehen, ganz dasselbe chemische Verhalten, wie der bereits beschriebene, durch directe Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf das genuine Eiweiss erhaltene Körper. Durch Kochen einer solchen sauren oder alkalischen Lösung dieser durch vorangegangenes Kochen bereits modificirten Eiweissform wird in dieser Hinsicht nichts geändert; nur verliert die aus dem Serumalbumin stammende Substanz dabei ihre Löslichkeit in Wasser. Eine andere Eigenthümlichkeit der letzteren ist, dass sie in der Kälte aus schwach saurer Lösung schwerer durch Kochsalz gefällt wird,

als aus stark saurer, so dass man unter Umständen genöthigt ist, behufs der Fällung die saure Reaction zu verstärken.

Man könnte sich nun denken, dass der aus einer gekochten Albuminlösung durch nachfolgende, in der Kälte stattfindende Einwirkung von Säuren oder Alkalien entstehende Eiweisskörper identisch ist mit demjenigen, welcher aus dem genuinen Albumin direct durch verdünnte Säuren oder Alkalien in der Siedhitze oder durch concentrirte in der Kälte dargestellt werden kann. Dieses ist jedoch nicht der Fall, wie folgender Versuch beweist.

Ich kochte eine salzfreie Eialbuminlösung mit sehr wenig verdünnter Natronlauge und brachte sie im Vacuum zur Trockne; der Rückstand war vermöge des in ihm enthaltenen Natrons vollkommen löslich in Wasser. Eine andere ebenso grosse Portion derselben Eialbuminlösung kochte ich zuerst für sich, liess sie dann erkalten und setzte nun erst ebenso viel verdünnter Natronlauge wie zum ersten Präparat hinzu; dann wurde sie im Vacuum getrocknet. Der Rückstand war aber ungeachtet dessen, dass er gleichfalls Natron enthielt, unlöslich in Wasser.

Durch Alkohol erzeugte Albuminmodification. Die gereinigten Albuminlösungen wurden in diesen Versuchen stets mit dem 10 bis 20fachen Volum starken Alkohols versetzt und es schien hierbei ganz dieselbe Umwandlung des Eiweisskörpers bewirkt zu werden wie beim Kochen; auch das äussere Zeichen derselben, die Opalescenz, fehlte hier trotz der durch den Alkoholzusatz zugleich bedingten starken Verdünnung niemals. Nach zweitägigem Stehen unter Alkohol und nach dem Trocknen im Vacuum hinterliess das salzfreie Eialbumin einen nicht porösen, wenn auch nicht ganz, so doch zum grössten Theil in Wasser unlöslichen, nur in concentrirter Natronlauge löslichen Rückstand. Beim Serumalbin war der in Wasser lösliche Theil des Rückstandes etwas grösser, derselbe besass aber ganz die Eigenschaften des primären Albumins, so dass also die durch Alkohol bewirkte Umwandlung keine vollständige war.

Durch Zusatz minimaler Essigsäuremengen entsteht in der mit Alkohol gemischten, wie in der gekochten, salzfreien Albuminlösung eine Fällung, welche im kleinsten Ueberschuss der Säure wieder schwindet; ebenso ist dieselbe in verdünnter Natronlauge leicht löslich.

Ich habe ferner auch das Verhalten des reinen Albumins gegen Metallsalze und gegen Mineralsäuren geprüft; die Reactionen erschienen dabei abhängig ein Mal von dem Wassergehalt der Eiweisslösung, dann aber auch von den im Blutserum und im Eiereiweiss neben dem Eiweiss enthaltenen Krystalloidsubstanzen. So gab sorgfältig dialysirtes und dann mit 5 Vol. Wasser verdünntes Eiereiweiss gar keine Niederschläge mit schwefelsaurem Kupfer und Zink, mit neutralem essigsauren Blei, Chlorzinn, Eisenchlorid, Sublimat, chromsaurem Kali und Salzsäure

Basisch essigsaures Blei fällte nur bei sehr kleinem Zusatz, der Niederschlag löste sich im Ueberschuss; salpetersaures Silber und Quecksilberoxydul mussten dagegen, um Fällung zu bewirken, in kolossalen Mengen zugesetzt werden und blieben bei stärkerer Verdünnung ganz ohne Erfolg; auch Chlorwasser und Jodtinctur wirkten gar nicht. Gegen alle diese Stoffe reagirte die ebenso stark verdünnte, aber nicht dialysirte Eiweisslösung mit der grössten Leichtigkeit, ebenso aber auch die dialysirte aber nicht verdünnte Eiweisslösung; nur schwefelsaures Kupfer, Eisenchlorid, chromsaures Kali, Chlorwasser und Jodtinctur fällten auch die unverdünnte salzfreie Albuminlösung nicht. Die sichersten, vom Concentrationsgrade der Lösung am wenigsten abhängigen Fällungsmittel des reinen Albumins sind Platinchlorid, Salpetersäure, Gerbsäure und Blutlaugensalz, bei Gegenwart von Essigsäure.

BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE EIWEISSVERDAUUNG BEI NEUGEBORENEN WIE BEI SAUGENDEN THIEREN UND MENSCHEN

VON

DR. OLOF HAMMARSTEN

IN UPSALA.

Während man über die Verdauung beim erwachsenen Thiere so ziemlich klare Kenntniss erlangt hat, sind bisher nur wenige Untersuchungen über die Verdauung bei neugeborenen und saugenden Thieren angestellt. So viel ich weiss, hat man nämlich bisher nur die zuckerbildende Fähigkeit des Speichels und des Pankreasinfuses geprüft, während über die Verdauung des Eiweisses und des Fettes keine experimentell begründeten Angaben vorliegen — und doch könnte man meinen, dass gerade Untersuchungen über die Verdauung der beiden letztgenannten Nährstoffe wünschenswerth wären. Die Milch, die allein naturgemässe Nahrung des Kindes, enthält bekanntlich Eiweiss, Fett und Zucker, aber keine Stärke. Bedenkt man nun, dass die Milch durch keine andere Nahrung zu ersetzen ist, und weiter, dass die Speisen, welche der erwachsene Mensch gut verdaut, von dem neugeborenen Kinde nicht verdaut werden können, so liegt die Frage nahe, ob die Verdauung vielleicht bei dem erwachsenen Thiere in anderer Weise vor sich gehe, als bei dem saugenden.

Diese Frage schien mir um so mehr berechtigt zu sein, als ich schon vor einigen Jahren beobachtet hatte, dass in der Magenschleimhaut des neugeborenen oder einige Tage alten Hundes kein Pepsin enthalten ist. Diese Beobachtung konnte freilich möglicherweise nur einige Ausnahmefälle betroffen haben; es galt also zunächst, dieselbe etwas ausführlicher zu prüfen. Zu dem Ende habe ich im Laufe von etwa drei Jahren diesen Gegenstand und einige andere damit im Zusammenhange stehende Fragen allmählich experimentell bearbeitet, und wenn meine Beobachtungen auch nicht die Frage von der Eiweissverdauung bei dem Neu-

geborenen zum Abschlusse bringen, werden sie doch hoffentlich zu einer genaueren Kenntniss von diesem Processe etwas beitragen.

Um zuvörderst zu entscheiden, ob die früher von mir beobachtete Abwesenheit von Pepsin in dem Magen des neugeborenen oder saugenden Hundes nur ein Zufall gewesen sei, habe ich die Mägen von 48 Hunden verschiedenen Alters — aber innerhalb der drei ersten Lebenswochen — auf die An- oder Abwesenheit von Pepsin geprüft.

Dabei verfuhr ich in den meisten Fällen so, dass ich die Magenschleimhaut — welche immer unmittelbar, nachdem das Thier getödtet worden war, wenn möglich von der Muskelhaut losgelöst, in Arbeit genommen wurde — mit angesäuertem Wasser bei Stubenwärme infundirte. Nur in einigen Fällen bereitete ich nach v. Wittich's Vorgange einen Glycerinauszug. Beim Infundiren mit angesäuertem Wasser, welches stets 0,1 Proc. HCl enthielt, arbeitete ich mit der Grösse des Magens angemessenen Flüssigkeitsmengen, so dass auf je einen Magen der neugeborenen Hunde 20—25 C.-C. und auf den Magen eines 27 Tage alten Hundes 100 C.-C. Flüssigkeit kamen. Dass diese Flüssigkeitsmengen nicht zu gross waren, geht daraus hervor, dass noch kleinere Stückchen der Magenschleimhaut des erwachsenen Thieres, mit denselben Flüssigkeitsmengen infundirt, sehr kräftig verdauende Infuse gaben. Der Einwand, dass in den Fällen, in welchen die Verdauung ausblieb oder verzögert war, dieselbe durch Concentration der Peptonlösung gehindert gewesen sei, wurde durch die sogleich anzuführende Versuchsanordnung beseitigt.

Zu den ersten Verdauungsversuchen verwendete ich ausschliesslich gekochtes Fibrin, und wenn dieses nach etwa 6—10 Stunden nicht verdaut worden war, verdünnte ich von derselben Verdauungsflüssigkeit eine zweite Probe mit dem gleichen Volumen angesäuerten Wassers, und stellte mit dieser Mischung einen neuen Verdauungsversuch an. Gab auch dieser ein negatives Resultat, so behandelte ich zuletzt die Schleimhautreste bei Körperwärme mit angesäuertem Wasser und prüfte wiederum das so erhaltene Infus mit Fibrin, zuerst ohne, dann nach Verdünnung mit angesäuertem Wasser.

Die Glycerinauszüge wurden nach demselben Principe untersucht. Die Pepsinprobe mit Fibrin bietet indessen gewisse Schwierigkeiten und gibt nicht immer ganz zuverlässige Resultate. Die Fibrinflocken haben nicht alle dieselbe Resistenz gegen verdünnte Chlorwasserstoffsäure. Bisweilen wird — was übrigens schon längst bekannt ist — das Fibrin von der Säure allein etwas gelöst, oder es zerfällt ein wenig; und wenn es sich um Spuren von Pepsin handelt, ist daher die Anwendung von Fibrin nicht ganz zweckmässig. Wenn z. B. nach einer etwa 8—10 Stunden fortgesetzten Digestion bei Körperwärme das Fibrin nicht gelöst aber theilweise zer-

fallen ist, so weiss man nicht sicher, ob man es hier mit Spuren von Pepsin zu thun habe. Dieser Unsicherheit wird allerdings in den meisten Fällen durch die gleichzeitig angewendete Controle mit Fibrin und Säure allein vorgebeugt; aber selbst in dieser Weise geht man nicht immer ganz sicher, und es schien mir daher nöthig, jedes Infusum nicht allein mit Fibrin, sondern auch mit hart gesottenem Hühnereiweisse zu prüfen. Dies ist auch in den allermeisten Versuchen geschehen. Hierbei will ich bemerken, dass der mit Hühnereiweiss geprüfte Theil des Infuses vorher auf den Säuregrad 0,2 0,4 Proc. H Cl gebracht wurde. Das hart gesottene Hühnereiweiss wurde zu kleinen, etwa 1/4 Zoll langen, einige Millimeter breiten Streifen scharf zugeschnitten, und es kamen zwei solche Streifen auf je 10 C.-C. der Verdauungsflüssigkeit. Wenn das Infusum keine verdauende Fähigkeit besass, wurde ein Theil von dem, wie schon oben angegeben, bei Körperwärme bereiteten Infuse passend angesäuert und mit gesottenem Hünereiweisse geprüft.

Sämmtliche Verdauungsversuche wurden bei 36—39° C. ausgeführt.

In den meisten Fällen ist es mir gelungen, mehrere Individuen desselben Wurfes zu erhalten, und ich verfuhr dann so, dass ich am einen Tage zwei Thierchen tödtete; darauf nach 2—3 Tagen wiederum zwei und so fort, bis ich den ganzen Wurf zur vergleichenden Prüfung verwendet hatte. In einigen Fällen dagegen habe ich nur einzelne Individuen, welche ich zufällig erhielt, in Arbeit genommen. Einige Thiere waren ganz nüchtern, andere wurden unmittelbar oder längere Zeit nach dem Saugen getödtet. Der Pepsingehalt der Magenschleimhaut schien nicht merklich verschieden. In mehreren Fällen wählte ich zwei gleich grosse Thiere desselben Wurfes aus, fütterte das eine mit Kuhmilch, während ich das andere hungern liess; aber selbst in diesen Versuchen konnte ich keinen Unterschied in dem Pepsingehalte der beiden Magenschleimhäute beobachten.

Die Resultate lege ich hier tabellarisch dar:

Alter des Thieres	Zahl der untersuchten Thiere	Fibrinprobe.	Eiweissprobe	Pepsingehalt
Unmittelbar nach der Geburt	2	In keinem Versuche war das Fibrin binnen 8 Stunden verdaut. In einigen war es in dieser Zeit in Stückchen zerfallen, und im Allgemeinen war es nach 24 Stunden bis auf einige unbedeutende Reste gelöst.	In keinem einzigen Versuche war das Eiweiss nach 48 Stunden merkbar verdaut.	Kaum nachweisbare Spuren von Pepsin.
1/2 Tag nach der Geb.	15			
1 " " " "	2			
3 1/2 " " " "	4			
5 " " " "	2			
6 " " " "	3			
7 " " " "	2			

Alter des Thieres	Zahl der untersuchten Thiere	Fibrinprobe	Eiweissprobe	Pepsingehalt
8 Tage nach der Geb.	5	In einem Versuche war das Fibrin nach 12 Stunden noch nicht verdaut. In zwei war es nach 6 Stunden zerfallen, aber nicht gelöst; und in noch zwei war es nach 6—7 Stunden gelöst.	In keinem Versuche war das Eiweiss nach 24 Stunden merkbar verändert.	Kaum nachweisbare Spuren von Pepsin.
9 „ „ „ „	1	Das Fibrin war nach 10 Stunden beinahe vollständig gelöst.	Die Eiweissprobe wurde nicht angestellt.	
11 „ „ „ „	7	In einem Falle war das Fibrin erst nach 10 Stunden, in den sechs übrigen Fällen dagegen nach 5 bis 3 Stunden gelöst.	Nach 24 Stunden war in einem Falle gar keine Veränderung merklich; in vier Fällen waren die Ränder des Eiweisses nach derselben Zeit mehr oder weniger gequollen und das Eiweiss theilweise verdaut; in zwei Fällen war das Eiweiss nach derselben Zeit beinahe völlig verdaut.	Deutlich nachweisbare, aber nur unbedeutende oder sehr kleine Mengen von Pepsin.
14 „ „ „ „	1	Das Fibrin war innerhalb 6 Stunden vollständig verdaut.	Das Eiweiss war nach 24 Stunden theilweise verdaut.	
16 „ „ „ „	2	Das Fibrin war nach etwa 2 Stunden verdaut.	Das Eiweiss war nach 6 Stunden merkbar, und innerhalb 20 Stunden vollständig gelöst.	Nicht unbedeutende Mengen von Pepsin.
21 „ „ „ „	1	Das Fibrin war nach 1/4 bis 1/2 Stunde verdaut.	Das Eiweiss war innerhalb 6 Stunden vollständig verdaut.	Der Pepsingehalt ungefähr derselbe wie bei dem erwachsenen Thiere.
27 „ „ „ „	1	Das Fibrin war nach etwa 1/4 Stunde verdaut.	Das Eiweiss war nach 2 Stunden verdaut.	

Ueberblicken wir die in der Tabelle dargelegten Resultate, so finden wir zunächst, dass während der ersten Woche nach der Geburt beinahe gar kein Pepsin in der Magenschleimhaut des Hundes enthalten ist. Ich sage beinahe gar kein Pepsin, denn während die Versuche mit Hühnereiweiss ganz gegen die Anwesen-

heit von Pepsin sprachen, zeigte dagegen die weit empfindlichere Fibrinprobe, dass Spuren davon wirklich vorhanden waren. Erinnert man sich indessen einerseits, dass schon eine ausserordentlich kleine Pepsinmenge für die Fibrinverdauung hinreichend ist, und andererseits, dass in diesen Versuchen die Fibrinflocke niemals innerhalb 8 Stunden verdaut, sondern höchstens etwas zerfallen war, so muss man gewiss zugeben, dass die gefundenen Spuren von Pepsin verschwindend klein gewesen sind, und jedenfalls kann man getrost sagen, dass von einer Verdauung im lebenden Magen von eine Woche alten Hunden nicht die Rede sein kann. Erst während der zweiten Woche fängt das Pepsin an, in merkbarer Menge aufzutreten, aber selbst im Anfange der dritten Woche ist der Pepsingehalt noch nicht so gross, wie bei erwachsenen Hunden. Im Magen von 3 oder 4 Wochen alten saugenden Hunden finden wir keinen wesentlich anderen Pepsingehalt als bei erwachsenen.

Diese Angaben haben jedoch nur eine ungefähre Bedeutung, denn es geht aus der Tabelle zur Genüge hervor, dass nicht alle Thiere desselben Alters denselben Pepsingehalt der Magenschleimhaut zeigen. Im Gegentheile finden wir bisweilen — beispielsweise bei den 7 Hunden, welche 11 Tage alt waren — einen ziemlichen Unterschied; und ich glaube gefunden zu haben, dass dieser Unterschied in dem engsten Zusammenhange mit dem Körperzustande des Thieres steht. Je grösser und kräftiger die Thiere sind, um so früher scheint das Pepsin aufzutreten. *Es entsteht das Pepsin erst allmählich in der Magenschleimhaut der neugeborenen Thiere*, und mir scheint die Annahme berechtigt zu sein, *dass die Magendrüsen des Hundes in den zwei ersten Wochen keinen peptisch wirksamen Magensaft liefern.* — Als eine Stütze für diese Annahme will ich noch hervorheben, dass ich mehrmals die in dem Magen enthaltene saure Flüssigkeit auf die Anwesenheit von Pepsin geprüft habe. Das Resultat war ein negatives, und ebenso wenig gelang es mir, die gleichzeitig vorhandenen Caseinklümpchen in der sauren Flüssigkeit bei Körperwärme merkbar aufzulösen.

Wenn wir also in dem Magen des jungen Hundes keine Pepsinverdauung annehmen können, so entsteht zunächst die Frage, in welcher Weise die Eiweissverdauung während der ersten Wochen vor sich gehe, und weiter, von welcher Bedeutung der Magen des neugeborenen Thieres überhaupt sei.

In Bezug auf die Eiweissverdauung ist zunächst daran zu erinnern, dass die Milch in dem Magen fast augenblicklich gerinnt. Wenn man einen saugenden Hund während der Verdauung tödtet, findet man in dem Magen feste Caseincoagula und eine stark saure Flüssigkeit. Man hat also hier den Fall, dass von den Drüsenzellen nur Säure, aber kein Pepsin abgesondert wird; ein Verhältniss, welches von mikroskopisch-anatomischer Seite vielleicht einer Prüfung werth wäre. Der

Umstand, dass eine — bis auf kaum nachweisbare Spuren — pepsinfreie, saure Flüssigkeit abgesondert wird, ist jedoch kein Beweis, dass die Milchgerinnung in dem Magen durch die Säure allein zu Stande kommt. An einem anderen Orte (Upsala Läkareförenings Förhandlingar. Bd. 8. 1872; ein Referat daraus in: Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie von R. Maly. Bd. 2. S. 118—125) habe ich nämlich gezeigt, dass das Pepsin und das Lab zwei gänzlich verschiedene Fermente sind, und es wäre also möglich, dass in dem pepsinfreien Magensafte doch etwas Lab vorhanden wäre. Dies ist indessen nicht der Fall: in dem Magen des neugeborenen Hundes habe ich weder Pepsin noch Lab in merklichen Mengen nachweisen können.

Die Caseingerinnung wird also unter diesen Verhältnissen durch die Säure allein hervorgebracht; und es fragt sich nur, ob die Säure daneben eine andere Function habe, ob sie das ausgeschiedene Casein vielleicht wieder löse. Diese letztere Möglichkeit kann nicht ohne Weiteres zurückgewiesen werden. Im Gegentheile muss man sie, wegen der leichten Löslichkeit des Caseins in Säuren, als wahrscheinlich betrachten, und in der That habe ich auch etwas Casein in dem flüssigen Theile des sauren Mageninhaltes nachweisen können. Ob der — allerdings unbedeutende — Theil des Caseins, welcher in dem sauren Mageninhalte gelöst ist, schon vom Magen aus resorbirt werde, ist die weitere Frage.

Es können Gründe sowohl für als gegen solche Annahme geltend gemacht werden; aber die später anzuführenden Beobachtungen bei dem neugeborenen Kaninchen werden zur Genüge zeigen, dass bei diesen Thieren eine derartige Resorption von höchst untergeordneter Bedeutung ist; und wir können wohl kaum ein entgegengesetztes Verhalten bei den neugeborenen Hunden annehmen. Die Beobachtung, dass während der Verdauung grössere oder kleinere Caseinklümpchen in dem Darme enthalten sind, während gleichzeitig die Chylusgefässe strotzend weiss sind, lehrt dagegen, dass bedeutende Mengen von Casein und Butter in den Darm, und von da in das Blut übergehen.

In welcher Weise wird nun dieser in den Darm übergegangene Theil des Caseins in Lösung übergeführt? Hier sind folgende Möglichkeiten denkbar. Erstens könnte das Secret der Pankreasdrüse im Gegensatze zu dem Magensafte ein eiweissverdauendes Ferment enthalten; zweitens könnte in Uebereinstimmung mit der von Eichhorst (Pflüger's Archiv, Bd. 4) gemachten Beobachtung, dass die Eiweisskörper der Milch vom Dickdarm aus resorbirt werden — das von den alkalischen Darmflüssigkeiten gelöste Casein einfach resorbirt werden, oder es könnten diese beiden Möglichkeiten gleichzeitig verwirklicht sein.

Die Frage nach einem eiweissverdauenden Fermente in der Pankreasdrüse habe ich experimentell zu erledigen versucht, und eine entschieden bejahende Antwort

erhalten. Die Drüse wurde unmittelbar nach dem Tode des Thieres herausgenommen, fein zerschnitten, mit reinem Quarzsande unter Wasser möglichst fein zerrieben und die röthliche, etwas trübe Flüssigkeit, nachdem der Sand sich zu Boden gesetzt hatte, einfach abgegossen. Das Infus wurde nun mit Fibrin bei 38 — 39° Cels. geprüft, und das Resultat war ein sehr schlagendes. Das Fibrin wurde im Allgemeinen rasch verdaut. Als Beispiel will ich nur einen Versuch anführen: 4 C.-C. des mit Wasser bereiteten Infuses verdauten eine Fibrinflocke vollständig in 10 Minuten und in der darauf folgenden Viertelstunde noch zwei ebenso grosse Fibrinflocken. Meine Untersuchungen über die Anwesenheit des Pankreasfermentes erstrecken sich auf beinahe alle die Thierchen, welche zu meinen Untersuchungen über die Pepsinverdauung angewendet worden sind, und ich kann also behaupten, dass in der Pankreasdrüse des Hundes ein eiweissverdauendes Ferment schon am ersten Tage nach der Geburt vorhanden ist. Es ist allerdings wahr, dass man nicht immer das Ferment findet, aber dies rührt daher, dass, wie ich mehrmals gesehen habe, ein Einfluss der „Ladung" auch bei neugeborenen Thieren sich geltend macht. In mehreren Versuchen nahm ich nämlich zwei gleich grosse Thiere desselben Wurfes und fütterte das eine mit Kuhmilch, während ich das andere hungern liess; und es zeigte sich dabei, dass die Thiere, welche während der Verdauung getödtet worden waren, ein wirksames Pankreasinfus lieferten, während bei den hungernden Thieren die Drüse kaum Spuren des Fermentes enthielt.

Aus diesen Untersuchungen geht also hervor, dass die neugeborenen Thiere in dem Pankreassafte ein bei der Eiweissverdauung sehr wirksames Agens besitzen, und. obwohl es eigentlich nicht hierher gehört, will ich beiläufig bemerken, dass die Drüse — nach Bernard's Vorschriften geprüft — auch eine sehr energisch zerlegende Wirkung auf neutrale Fette ausübt. Bei Anwendung von neutraler Butter wird nicht nur Lackmustinctur sehr rasch geröthet, sondern es entwickelt sich binnen Kurzem ein starker Geruch nach Buttersäure. Diese Beobachtung habe ich sogar bei 12 Stunden alten Hunden gemacht.

Der Umstand, dass bei den neugeborenen und saugenden Hunden das Eiweiss von dem Pankreassafte gelöst werden kann, schliesst natürlich die zweite Möglichkeit, dass das Casein nicht zu Peptonen umgewandelt, sondern von dem Alkali der Darmflüssigkeiten gelöst, unzersetzt resorbirt werde, nicht aus. Wahrscheinlich finden die beiden Vorgänge neben einander statt.

Jedenfalls geht aus diesen Untersuchungen hervor, dass die eigentliche Eiweissverdauung während der ersten Lebenszeit in dem Darme vor sich gehen muss, und somit entsteht die Frage nach der Bedeutung des Magens während der ersten zwei Wochen des extrauterinen Lebens.

Diese Bedeutung scheint mir einfach diejenige eines Behälters zu sein, aus dem die geronnene Milch nur allmählich in die Gedärme übergeführt wird.

Wenn die Milch hinabgeschluckt worden ist, wird sie sogleich durch die saure Magenflüssigkeit coagulirt, und dabei scheidet sich die saure Flüssigkeit — die mit dem Magensafte vermischten Molken — von den mehr oder weniger festen Caseincoagulis ab. Die letzteren werden in dieser Weise in dem Magen zurückgehalten, und erst nach und nach werden Theilchen davon in die Gedärme übergetrieben.

Während der ersten Lebenswochen bestände also die Aufgabe des sauren, pepsinfreien Magensaftes beinahe ausschliesslich darin, die vom Thierchen eingesaugte Milch zum Gerinnen zu bringen und das Casein dadurch in dem Magen zurückzuhalten, damit keine zu grossen Milchmengen mit einem Male in den Darm hinübertreten können. Es lässt sich nämlich denken, dass, wenn die Milch in dem Magen flüssig bliebe, die auf ein Mal in den Darm hinübergetretenen Mengen dieses Nahrungsmittels dort nicht bewältigt werden könnten. Ueberanstrengung der Verdauungsorgane oder Verschwendung des Nährmateriales wäre die nothwendige Folge.

Meine Untersuchungen sind hauptsächlich an Hunden ausgeführt worden, doch habe ich auch mit Katzen und Kaninchen einige Versuche angestellt. Die mit Katzen ausgeführten Versuche erstrecken sich nur auf einige Individuen, welche sämmtlich nicht über 8 Tage alt waren. Die Resultate stimmen in der Hauptsache mit denjenigen, welche am Hunde gewonnen wurden, überein. Ich konnte zunächst constatiren, dass die Magenschleimhaut der neugeborenen oder einige Tage alten Katze kaum sicher nachweisbare Spuren von Pepsin enthält, während die Pankreasdrüse schon am zweiten Tage nach der Geburt an einem Eiweiss verdauenden Fermente reich ist. Bei den 8 Tage alten Katzen konnte ich Spuren von Pepsin nachweisen, das heisst, nach 48 Stunden waren die Ränder des Eiweisses durchscheinend und weniger scharf, und nach 72 Stunden war das Eiweiss grösstentheils verdaut, während das gleichzeitig mit chlorwasserstoffsaurem Wasser allein behandelte Eiweiss nicht im Geringsten angegriffen worden war.

Die Versuche mit Kaninchen sind der Hauptsache nach in derselben Weise wie diejenigen mit Hunden angestellt worden. Beim Kaninchen war es indessen noch schwieriger, die Schleimhaut loszupräpariren, und als Regel wurde daher in diesen Versuchen der geöffnete Magen gereinigt, zerschnitten und mit angesäuertem Wasser infundirt. Wegen der Kleinheit der Magenschleimhäute wurden dabei von den kleinsten Thieren gleichzeitig 2—3 in Arbeit genommen und deren Magenschleimhäute zusammen mit Wasser infundirt. Die Mägen wurden auf die Anwesenheit der beiden Fermente, des Pepsins und des Labs, geprüft. Die Resultate, welche auch ohne eine tabellarische Uebersicht kurz zusammengefasst werden

können, stimmten nicht ganz mit den bei dem Fleischfresser erhaltenen überein. Es zeigte sich, dass beim Kaninchen das Pepsin etwas früher auftritt, als bei dem Fleischfresser. So konnte ich z. B. schon am ersten Tage nach der Geburt eines Kaninchens Spuren von Pepsin in dessen Magen nachweisen. In anderen Fällen dagegen fehlte das Pepsin am ersten Tage gänzlich, und im Allgemeinen fand ich beim Kaninchen grössere Unregelmässigkeiten, als bei dem Hunde. In fünf Versuchen mit 4 Tage alten Kaninchen fand ich zwei Mal äusserst geringe Pepsinmengen: eine gekochte Fibrinflocke wurde erst nach 6 Stunden vollständig verdaut, während das Eiweiss nach 24 Stunden nur etwas durchscheinende und gequollene Ränder zeigte. In einem dritten Versuche war das Fibrin nach etwa 4—5 Stunden vollständig verdaut (keine Eiweissprobe wurde angestellt), und in noch zwei anderen war das Fibrin nach 2—3 Stunden vollständig verdaut, während das Eiweiss nach 6 Stunden deutlich angegriffen und binnen 20 Stunden vollständig gelöst worden war. In den drei Versuchen mit 8 Tage alten Kaninchen fand ich nicht unbedeutende, aber wechselnde Mengen von Pepsin. Die Magenschleimhaut eines 10 Tage alten Kaninchens zeigte eine recht grosse Pepsinmenge. Mit 50 C.-C. angesäuerten Wassers, von dem Säuregrade 0,2 Proc. HCl, infundirt, gab sie eine Lösung, welche das gekochte Hühnereiweiss innerhalb 8 Stunden vollständig verdaute.

Als hauptsächlichstes Resultat geht aus den Untersuchungen hervor, dass die Magenschleimhaut des Kaninchens schon im Anfange der zweiten Woche, also eine Woche früher als diejenige des Hundes, nicht unbedeutende Mengen von Pepsin enthält. Neben dem Pepsin enthält die Schleimhaut das zweite Ferment, das Lab. In der Pankreasdrüse so jugendlicher Kaninchen habe ich ebenfalls mehrmals ein eiweissverdauendes Ferment nachweisen können.

Dem Magen des neugeborenen Kaninchens scheint ganz dieselbe Aufgabe zuzufallen, wie diejenige, welche oben dem Hündchenmagen zugewiesen worden ist.

Wenn man ein saugendes, einige Tage altes Kaninchen von dem Mutterthier wegnimmt, sieht man oft den strotzend gefüllten Magen durch die Bauchwandungen schimmern; und wenn man das Thierchen, von der Mutter getrennt, 12—24 Stunden aufbewahrt, sieht man allerdings den Umfang des Magens vermindert werden, aber selbst nach 24 Stunden ist der Magen nicht ganz leer. In den Gedärmen eines solchen Thierchens, das innerhalb dieser 24 Stunden getödtet worden, findet man immer grössere oder kleinere Caseinklümpchen und sämmtliche Chylusgefässe von einer milchweissen Flüssigkeit gefüllt. Als Beleg für das eben Gesagte will ich zwei Versuche anführen.

Zwei junge Kaninchen, welche etwa 2 Tage alt waren, wurden von der Mutter getrennt. 12 Stunden später, nachdem sie also während wenigstens 12 Stunden keine Milch erhalten hatten, wurden sie getödtet; der Leichenbefund war bei beiden ungefähr derselbe. Der Magen enthielt in reichlicher Menge eine aus kleinen Caseinklümpchen bestehende, stark sauer reagirende, breiige Masse, welche mit einer zähen Schleimschicht ziemlich fest an der Magenwand haftete. In den Gedärmen waren hie und da kleine von Galle etwas gefärbte Caseincoagula zu sehen. Die Chylusgefässe waren von einer milchähnlichen Flüssigkeit gefüllt.

Zu einem anderen Versuche wurden ebenfalls zwei saugende, etwa 5 Tage alte Kaninchen desselben Wurfes von der Mutter getrennt und 26 Stunden später getödtet. Der Magen des einen enthielt nur wenige, sehr kleine Caseincoagula, welche in einem von Galle etwas gefärbten Schleime eingebettet waren. In den Gedärmen waren nur spärliche Caseinklümpchen vorhanden, und nur wenige, eine weissliche Flüssigkeit enthaltende Chylusgefässe waren sichtbar. Der Magen des zweiten Kaninchens enthielt dagegen etwa 1/2 C.-C. eines stark sauren, von Galle ein wenig gefärbten Caseinbreies. Die Gedärme enthielten Caseinklümpchen in ziemlicher Menge, und überall war eine grosse Anzahl von stark gefüllten Milchgefässen zu sehen.

In dem letztgenannten Falle war also der Magen nach 26 Stunden noch nicht leer geworden und die Darmverdauung war, nach dem Inhalte der Gedärme und dem Zustande der Chylusgefässe zu schliessen, noch sehr lebhaft. Dass die Darmverdauung während der 26 Stunden ununterbrochen stattgefunden hatte, kann wohl kaum bezweifelt werden, und überdies spricht dafür die Beobachtung, dass, wenn nur der Magen merkliche Mengen von Casein enthält, die Chylusgefässe des saugenden Kaninchens immer — gleichviel zu welcher Zeit nach dem Saugen die Thiere getödtet werden — eine milchähnliche Flüssigkeit führen. Da also in dem zuletzt angeführten Versuche länger als einen Tag nach der letzten Mahlzeit die Darmverdauung noch im Gange war, also wohl ununterbrochen stattgefunden hatte, während der Magen noch nicht ganz leer geworden war, so scheint mir damit der Beweis geliefert, dass *der Magen des neugeborenen, saugenden Kaninchens für die Lösung und die Resorption des Caseins von keiner oder verschwindender Bedeutung ist, demzufolge nur als Behälter für die geronnene Milch dient.*

Die Langsamkeit, mit welcher der Magen des saugenden Kaninchens seinen Inhalt entleert, steht wohl im Zusammenhange mit der allgemein bekannten Beobachtung, dass der Magen des erwachsenen Kaninchens niemals gänzlich leer wird. Es können also aus dieser Eigenthümlichkeit des saugenden Kaninchens keine allgemeinen Schlüsse gezogen werden, um so weniger, als ich mehrmals gefunden

habe, dass der Magen des saugenden Hundes in weit kürzerer Zeit — im Laufe von einigen Stunden — seines Inhaltes sich entledigt.

Meine Versuche mit Magenschleimhäuten von neugeborenen oder saugenden Kindern sind nur wenige, etwa 10; aber die Resultate waren so unzweideutig, dass die Zahl der Versuche dennoch völlig genügend erscheint. Die Verhältnisse sind bei dem Kinde vielleicht noch mehr wechselnd, als bei dem Kaninchen, und in Uebereinstimmung damit habe ich das eine Mal verhältnissmässig viel, das andere Mal dagegen nur wenig Pepsin gefunden. Die Anwesenheit von Pepsin in der Magenschleimhaut, sogar unmittelbar nach der Geburt, war doch, wenigstens bei kräftigen Kindern, sehr leicht zu zeigen, und der Pepsingehalt ist bei Kindern grösser als bei irgend einem von mir untersuchten Thiere desselben Alters gewesen. Um überhaupt die Anwesenheit des Pepsins in der Magenschleimhaut zu zeigen, will ich nur einige wenige Versuche anführen.

Ein Kind, welches eine Stunde vor der beendigten Geburt gestorben war, wurde nach 24 Stunden geöffnet, der Magen ausgeschnitten und die Schleimhaut, welche mit etwas schwach sauer reagirendem Schleime bekleidet war, mit 100 C.-C. 0,2 Proc. HCl enthaltenden Wassers infundirt. Das Infus wurde nach 24 Stunden mit hart gesottenem Hühnereiweisse auf die Anwesenheit von Pepsin geprüft, und innerhalb 8 Stunden war das Eiweiss bei 38—39° C. vollständig verdaut. In einem zweiten Versuche wurde die Magenschleimhaut eines rechtzeitig geborenen Kindes, welches während der Geburt verschieden war, mit salzsaurem Wasser (0,2 Proc. HCl) infundirt. Das gekochte Fibrin war nach etwa 4 Stunden verdaut; und das Eiweiss war nach 9 Stunden beinahe ganz vollständig gelöst. Ein drittes Kind, welches 2 Tage alt war, erkrankte und starb plötzlich, ohne dass durch die Leichenöffnung die Todesursache nachgewiesen werden konnte. Die Schleimhaut wurde mit 100 C.-C. angesäuerten (0,2 Proc. HCl) Wassers infundirt und das Infus mit Fibrin und hart gekochtem Hühnereiweisse geprüft. Das Fibrin war innerhalb einer Stunde, und das Eiweiss innerhalb 5 Stunden verdaut. Nicht in allen Fällen jedoch war das Resultat ebenso schlagend, und es zeigte sich deutlich, dass die Grösse und der Körperzustand des Kindes im Allgemeinen einen grossen Einfluss auf den Pepsingehalt der Magenschleimhaut üben. Um dies zu zeigen, will ich nur die folgenden zwei Versuche anführen.

Ein Kind, welches in dem siebenten Monat geboren war und welches nicht zu saugen vermochte, wurde in der Weise ernährt, dass ihm die Mutter die Milch in den Mund hineinträpfelte. Auf diese Weise wurde das Kind 14 Tage am Leben erhalten. Der Magen, welcher 7 Stunden nach dem Tode herausgeschnitten wurde, enthielt nur etwas Schleim. Die Schleimhaut wurde lospräparirt, fein zerschnitten und sogleich in Glycerin eingelegt. Nach 6 Monaten wurden der Glycerinauszug

und die Schleimhautreste gesondert auf die Anwesenheit von Pepsin geprüft, aber es konnten nur Spuren davon nachgewiesen werden. Die Eiweisswürfel waren nach 24 Stunden bei 38—40° C., theilweise aber nicht vollständig verdaut. — Die Magenschleimhaut eines zweiten Kindes, von dem nur angegeben wurde, dass es, rechtzeitig geboren, schwäehlich war und am dritten Tage nach der Geburt an Pneunomie gestorben war, wurde mit 100 C.-C. angesäuerten Wassers infundirt. Das Intus enthielt nur unbedeutende Spuren von Pepsin, und das Hühnereiweiss war nach 24 Stunden nur ein wenig verdaut.

Die oben angeführten Versuche lehren also, dass die Magenschleimhaut des neugeborenen Kindes Pepsin — und zwar bisweilen in nicht unbedeutender Menge — enthält, wenngleich die Pepsinmenge, wie es aus den zuletzt angeführten beiden Versuchen hervorgeht, je nach der Grösse und dem Körperzustande des Kindes etwas wechseln kann. Der Magen des Kindes enthält neben dem Pepsin auch das Lab. Diese Resultate stimmen mit den „Untersuchungen über den Verdauungsapparat der Neugeborenen“ von Zweifel (Berlin 1874. S. 11 u. ff.), welche mir erst bekannt geworden sind, nachdem das Manuscript dieser meiner Arbeit abgeschickt war.

Meine Untersuchungen über die Pankreasverdauung beim Kinde gaben keine verwerthbaren Resultate, und der Grund davon war ein doppelter. Erstens hatten die Kinder entweder gar nicht gesaugt, oder sie hatten jedenfalls seit mehreren Stunden vor dem Tode keine Milch erhalten, und so konnte also keine Ladung stattgefunden haben. Zweitens konnte die Drüse nicht ganz frisch in Arbeit genommen werden, sie war immer theilweise in Zersetzung übergegangen, und aus diesem Grunde waren die Resultate nicht ganz vorwurfsfrei. Ich muss also die Frage naeh der Anwesenheit eines eiweissverdauenden Fermentes in dem Pankreas des Kindes offen lassen.

Nach Zweifel (a. a. O. S. 38 u. ff,) vermag das Pankreasinfus gesunder Neugeborener Eiweiss zu verdauen.

Wir kehren zur Magenverdauung beim Kinde zurück.

Die Magenverdauung beim neugeborenen Kinde konnte nicht experimentell untersucht werden; es war also nicht möglich zu entscheiden, in wie weit der Kindsmagen einfach als Behälter, oder gleichzeitig als Verdauungsorgan anzusehen sei. Nur Folgendes können wir darüber sagen. Die menschliche Milch unterscheidet sich in verschiedener Hinsicht von derjenigen der Thiere, insbesondere von der Kuhmilch. Als einen Unterschied von der letzteren hat man angegeben, dass die menschliche Milch von Säuren nicht gefällt werden kann. Es gehen jedoch über diesen Gegenstand die Ansichten etwas aus einander, so viel steht fest, dass die menschliche Milch nicht immer, und jedenfalls nur schwierig und unter Anwendung

von grosser Vorsicht, durch Säuren zu fällen ist. Durch den sauren Magensaft dagegen wird die menschliche Milch, wie sie unter Anderen Philipp Biedert (Untersuchungen über die chemischen Unterschiede der Menschen- und Kuhmilch. Inauguraldissertation. Giessen 1869) angegeben hat, sehr leicht zum Gerinnen gebracht. Wenn diese Angabe, welche ich — wegen der Schwierigkeit, menschliche Milch zu einer genügenden Anzahl Untersuchungen zu erhalten — noch nicht zu prüfen Gelegenheit hatte, eine allgemeine Gültigkeit hat, wird die Anwesenheit von Fermenten in der Magenschleimhaut des Kindes von einem nicht unbedeutenden Interesse sein. Die menschliche Milch wird nicht oder nur schwierig von Säuren allein gefällt. Es würden also wahrscheinlich grössere Mengen Milch mit einem Male im flüssigen Zustande in den Darm übergehen, wenn nicht das Casein durch die im Magensafte vorhandenen Fermente niedergeschlagen und im Magen zurückgehalten würde.

Nach diesen Untersuchungen hätte also der Magensaft des saugenden Thieres eine doppelte Aufgabe: Erstens wird die Milch von dem Magensafte coagulirt; dadurch wird das Casein im Magen zurückgehalten, und der Darm, welcher in dieser Weise nur allmählich kleinere Mengen von Casein erhält, gewinnt Zeit, dasselbe zu verdauen. Zweitens wird das Casein von dem Magensafte wirklich verdaut. Die Fähigkeit des Magensaftes, die Milch zu coaguliren, kommt allen bisher untersuchten Thieren schon unmittelbar nach der Geburt zu; der zweiten Aufgabe aber, das Casein zu verdauen, scheint der Magen nicht in gleichem Alter bei allen Thieren gewachsen zu sein. Beim Kinde findet vielleicht eine Pepsinverdauung schon unmittelbar nach der Geburt statt; beim Kaninchen tritt sie etwas später auf, und bei dem Hunde scheint sie — nach dem gefundenen Pepsingehalte zu urtheilen — erst etwa in der dritten Woche vorhanden zu sein.

Wenn die oben ausgesprochene Ansicht über die Bedeutung des Magensaftes als Verzögerungsmittel der Entleerung des Mageninhaltes in den Darm richtig wäre, könnte man daran noch weitere Vermuthungen anknüpfen. Man könnte meinen, dass die noch nicht genügend erklärte abkühlende Wirkung des Colostrums davon herrühre, dass diese caseinarme aber eiweissreiche Milch von dem Magensafte nicht, oder nur höchst unvollständig coagulirt werden könnte, und dass der Darm in Folge dessen nicht Zeit genug hätte, die aus dem Magen mit einem Male herausgetretene Flüssigkeitsmenge aufzusaugen. Man könnte weiter geneigt sein, auf Grund des verschiedenen Verhaltens der Menschen- und Kuhmilch, Schlüsse auf eine verschiedene Verdauung und Verdaulichkeit der beiden Milchsorten zu ziehen; aber ich glaube, dass man zu derartigen Schlüssen noch nicht berechtigt ist. Die Angaben über die menschliche Milch sind nämlich sehr schwankend; und man braucht nur die Bestimmungen der quantitativen Zusammensetzung der Milch

durchzulesen, um sogleich zu sehen, dass man die Beobachtungen über das Verhalten verschiedener Milchsorten zu den Reagentien sehr vorsichtig aufnehmen muss. Die Zusammensetzung und die Menge der anorganischen Bestandtheile üben nämlich einen höchst bemerkenswerthen Einfluss auf das Verhalten der Milch aus.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Kuh- und Menschenmilch besteht nach Biedert darin, dass die in ersterer mit Magensaft erhaltenen Coagula nur schwierig, die in weiblicher Milch erhaltenen dagegen sehr leicht von überschüssigem Magensafte gelöst werden. Dieser Unterschied fällt jedoch gänzlich weg, wenn man, wie ich ein anderes Mal ausführlicher zeigen will, die Kuhmilch mit Wasser verdünnt und etwas phorphorsaures Natron zusetzt. Die Kuhmilch gerinnt dann sogleich mit Lab; die menschliche Milch dagegen nicht, oder nur unvollständig, aber dieser Unterschied spricht weder für, noch gegen eine Verschiedenheit des in den beiden Milchsorten enthaltenen Caseins. Abgesehen davon, dass die mit Wasser verdünnte Kuhmilch nicht, oder nur unvollständig mit Lab gerinnt, habe ich nämlich in einer soeben in schwedischer Sprache erschienenen Abhandlung (Om det chemiska förloppet vid Caseinets coagulation med löpe. Upsala Läkareförenings förhandlingar. Bd. 9. 1874) gezeigt, dass die Caseingerinnung durch Lab ein von der Milchgerinnung durch Säurebildung ganz verschiedener Process ist, und dass jener nur bei Anwesenheit von Kalk und Phosphorsäure vor sich gehen kann. Eine milchzuckerfreie Caseinlösung, welche nur phosphorsaures Alkali enthält, gerinnt nie mit Lab, während eine kalk- und phosphorsäurehaltige, milchzuckerfreie Caseinlösung mit Lab fast augenblicklich coagulirt.

Diese Angaben zeigen zur Genüge, dass unsere Kenntniss der Milch, besonders der menschlichen, noch lange nicht vollkommen ist, und dieser Umstand mag entschuldigen, dass ich in dieser Abhandlung nicht auf das Verhalten des Caseins in dem Darmkanale des saugenden Thieres etwas näher eingegangen bin.

EIN VERDAUUNGSOFEN MIT DIFFUSIONSAPPARAT

VON

DR. HUGO KRONECKER.

Im chemischen Laboratorium des pathologischen Institutes zu Berlin habe ich im Jahre 1865 unter der Leitung von W. Kühne Untersuchungen über die Magenverdauung angestellt und durch Diffusion das Magenferment von beigemengten Peptonen zu trennen versucht. Der Dialysor von Graham erschien mir unbequem und nicht leicht vor Verunreinigung zu schützen, ferner nicht geeignet, um die kleinen Mengen Verdauungssaft zusammenzuhalten, welche mir — bei vergleichender Prüfung des Pepsingehaltes der Magenschleimhaut der Taube in verschieden tiefen Horizontalschnitten — zu Gebote standen. Mein Wunsch war, einen Dialysor zu besitzen, dessen Form möglichst grosse Oberfläche bei kleinem Inhalte gewährte, dabei frei blieb von Bestandtheilen, welche der Verunreinigung leicht ausgesetzt sind. Vegetabilisches Pergament und Glas boten das günstigste Material. Nach vielen Proben, das Diffusionspapier zu Düten oder Röhren haltbar zusammenzukleben, ergab sich als einfachste und brauchbarste Façon das Faltenfilter.

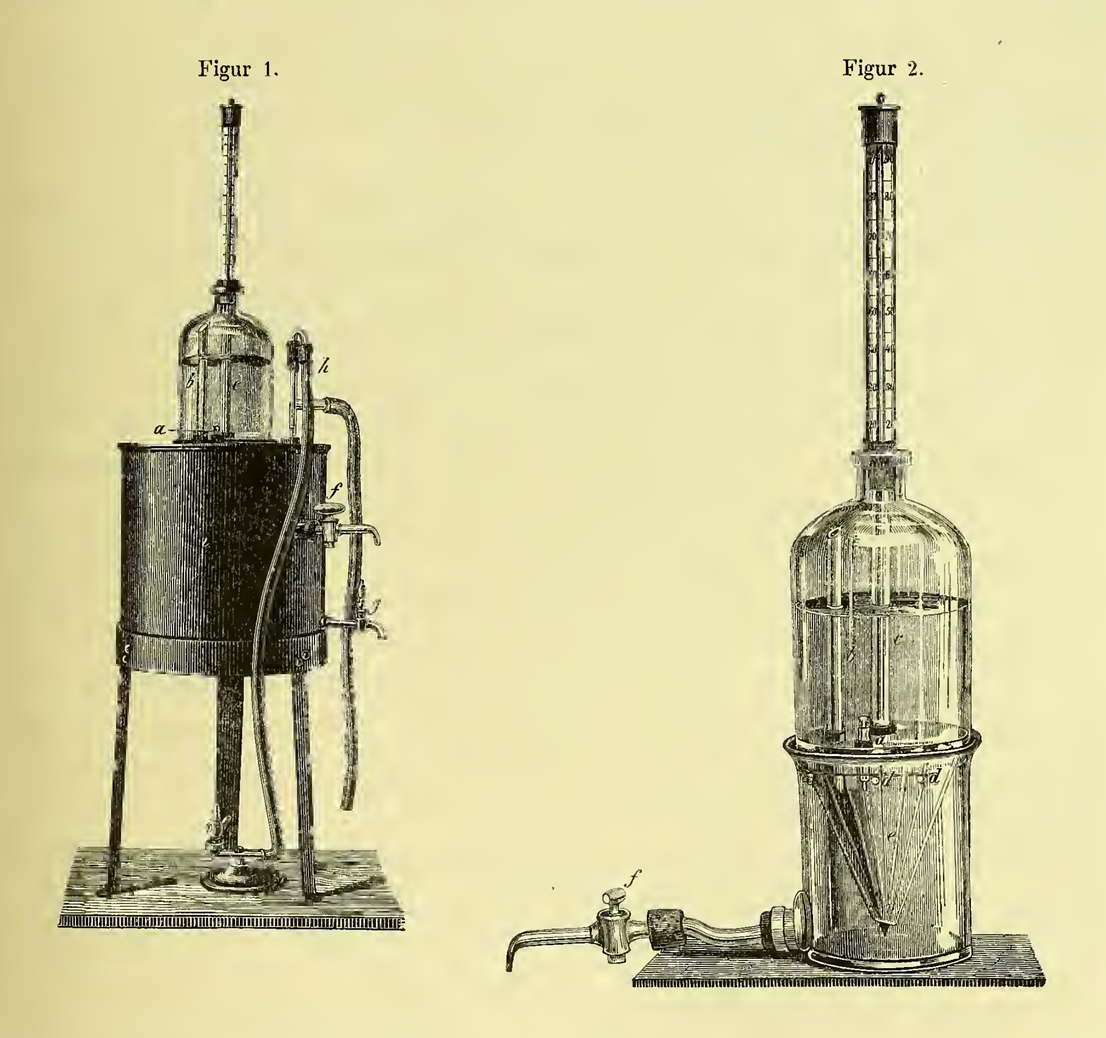
Legt man es in einen Glastrichter und füllt es mit der zu diffundirenden Lösung, so bleibt nur die Aufgabe, die Aussenflüssigkeit, welche die diffundirten Stoffe aufnehmen sollte, auf gleiches Niveau mit der ersteren zu bringen. Dies erzielte ich anfänglich durch einen anderen Behälter, welcher mittelst Kautschukschlauchs mit dem Trichterrohre verbunden war, und dessen Einstellung das Niveau der Diffusionsflüssigkeit zu fixiren gestattete.

Später vervollkommnete sich die Vorrichtung unter dem Eindrucke des wohlausgestatteten physiologischen Institutes zu Leipzig und wuchs zu einem completen Verdauungsofen mit Diffusionsapparat, dessen Beschreibung ich mir für diese Gelegenheit aufgespart habe, nachdem der Gedanke die Mahnung des Horazischen „nonum prematur in annum" geduldig befolgt hatte.

Der Gesammtapparat hat die Aufgabe, die Verdauung einer verhältnissmässig grossen Menge von Nahrungsstoffen möglichst schnell zu vollenden, das Product

derselben leicht abfüllbar zu liefern und das wirksame Ferment möglichst ungemindert zu erhalten. Hierzu hat sich folgende Einrichtung als zweckmässig erwiesen, von welcher die untenstehende Figur 1 eine Gesammtansicht gibt.

Ein cylindrischer Blechbehälter *i* von 18 Ctm. Höhe, 20 Ctm. Durchmesser, ist mit Wasser gefüllt, dessen Temperatur durch einen Wärmeregulator *h* constant erhalten werden kann. Ein Messinghahn *g* erleichtert die Entleerung des Topfes. Der Deckel hat zwei Oeffnungen. In der centralen, von etwa 9,5 Ctm. Durch-



messer, hängt ein tubulirtes Glas *e* (Figur 2) von 10 Ctm. Höhe und 9 Ctm. Lumen, mittelst des auf 10 Ctm. Weite ausgebogenen Randes festgehalten. Durch das andere enge Loch reicht das Quecksilbergefäss des Regulators in das Wasserbad.

Das Ausflussrohr mit dem Glashahne *f* ist im Tubulus des Glases befestigt, und durchsetzt, mit Hülfe eines Korkes wasserdicht die Hülle des Verdauungsofens bei *f* (Figur 1). In dem Glase hängt ein spitzwinkeliger Trichter, dessen Ausflussröhre abgeschnitten und dessen Wand 2 Ctm. unter dem oberen Rande von einer

Anzahl pfenniggrosser Löcher (*d, d*) durchbohrt ist. In dem Trichter liegt lose ein Faltenfilter von Pergamentpapier, welches bis zum Rande reicht. Beachtenswerth sind die von Wolffhügel (Ueber Pepsin und Fibrinverdauung ohne Pepsin. Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. VII. 1873. S. 189) für den Gebrauch meines Dialysors empfohlenen Vorsichtsmassregeln: die Falten nicht bis zur Spitze laufen zu lassen, um Brüche zu vermeiden, das Papier zuvor anzufeuchten, den oberen Filterrand aber trocken zu lassen, damit die innere Flüssigkeit nicht nach aussen übersteige.

Beabsichtigt man den Verdauungsprocess zu beschleunigen, so ist es bekanntlich vortheilhaft, die gebildeten Peptone möglichst schnell aus der Lösung fortzuschaffen.

Dies besorgt der Dialysor, wenn man die denselben umspülende Flüssigkeit peptonfrei hält. Um auch diese Forderung bequem zu erfüllen, ist auf das Glas eine Mariotte'sche Flasche *c* gepasst, deren Boden drei Löcher enthält: eins im Mittelpunkte und zwei nahe der Peripherie. Durch das eine der Randlöcher ist ein 0,5 Ctm. weites Glasröhrchen *a* wasserdicht gesteckt, so dass es 2 Ctm. lang in den Trichter zwischen Glaswand und Pergamentfilter hineinragt. Im Röhrchen ist ein ausgezogenes Glasstäbchen als konisches Ventil beweglich. Das spitze Ende desselben ragt unten etwas über das Röhrchen hinaus, so dass es von der Wand des Trichters gehoben wird, sobald man die Flasche auf das Diffusionsglas stellt. Ein Steigrohr *b* stopft das zweite Randloch und endigt mit schräg abgeschnittener Mündung etwa 2 Ctm. unter dem Flaschenboden.

Ist also die Flasche mit Flüssigkeit gefüllt und auf den Diffusionstrichter gesetzt, in der Art, dass Steigrohr wie Ventilröhrchen ausserhalb des Filters bleibt, so rinnt der Inhalt so lange in Trichter und Glas, bis die Steigrohrmündung durch das Flüssigkeitsniveau gesperrt wird.

Dann wird durch den Druck der äusseren Luft, welche sich mit der im Flaschenraume enthaltenen nicht ausgleichen kann, die Flüssigkeit verhindert durch das Ventilröhrchen auszutreten, bis das Niveau, durch irgend einen Umstand zum Sinken gebracht, Luftblasen durch das Steigrohr dringen lässt. So wird der Flüssigkeitsspiegel unter dem Trichterrande, an der Löcherreihe constant erhalten. Durch diese Löcher wird der Austausch der Flüssigkeit innerhalb und ausserhalb des Trichters im Glase begünstigt. Während der Diffusion findet eine lebhafte Circulation statt, indem die Flüssigkeit innerhalb des Trichters wegen der aufgenommenen Peptone schwerer als die ausserhalb befindliche durch die untere Trichtermündung herabfällt und dünnere Lösung durch die Löcherreihe eintreten lässt. Will man die Flüssigkeitsmenge ausserhalb des Filters gänzlich erneuern, so braucht man nur durch den Ausflusshahn *f* das Diffusat zu entleeren; es füllt sich dann

aus der Mariotte'schen Flasche das System mit verdünnter Salzsäure. Ein Thermometer, welches durch die Mariotte'sche Flasche in den Trichter hineinragt, gestattet die Temperatur im Verdauungsraume zu controliren.

Das ergebnissreiche Verfahren, Eiweisskörper durch Dialyse rein darzustellen, welches besonders von Alexander Schmidt und seinen Schülern geübt wird, lässt es wünschenswerth erscheinen, das Wasser ausserhalb des Dialysors recht oft zu wechseln. Für diesen Zweck lässt sich unser Apparat leicht herrichten. Man hat nur dafür zu sorgen, dass der verbrauchte Wasservorrath in der Mariotte'schen Flasche jederzeit ersetzt werden kann.

Man entfernt zu dem Ende das für einfache Dialyse entbehrliche Thermometer, stöpselt das Loch im Boden der Flasche, dichtet in den Hals desselben einen Trichter, und schliesst das Trichterrohr von oben her durch einen in Kautschukrohr gehüllten Glasstab luftdicht. So hat man einen stets zugänglichen Reservewasserbehälter.

Ist die Flasche leer und im Diffusionsglase der Wasserspiegel etwas gesunken, so lüftet man den Glasstabstöpsel und füllt die erstere durch den Trichter in wenigen Secunden. Man braucht nur darauf zu achten, dass der Einfülltrichter gestöpselt werde, bevor die Flüssigkeit im Diffusionstrichter sich dem Filterrande so nahe gehoben hat, dass sie über denselben hinweg zu dem Diffundate zu steigen droht.

UEBER DIE REACTION DER FETTE UND DIE QUANTITATIVE BESTIMMUNG VON FETTSÄUREN IN FETTEN

VON

DR. FRANZ HOFMANN,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

In der analytischen Chemie und in einzelnen Zweigen der angewandten Chemie haben gewisse Untersuchungsmethoden gerade wegen der raschen Ausführbarkeit eine hohe Bedeutung erlangt. Sind auch Methoden bekannt, welche vielleicht absolut schärfere Resultate geben, so wird man in vielen Fällen, wo Reihen von Untersuchungen auszuführen sind, ein solches Verfahren wählen, welches die Beantwortung der Frage ohne eine umständliche und zeitraubende Arbeit erlaubt. Ich erinnere nur an die häufigen Anwendungen, welche die verschiedenen Titrirmethoden gefunden haben.

Zu den häufigsten Prüfungen in einem Laboratorium gehören sicher die gewöhnlichen Reactionen, zu welchen Lackmus- und Curcumafarbstoff dienen. Die Mittheilungen, welche über Bereitung und Verwendung der genannten Farbstoffe vorliegen, zeigen, dass die Prüfungen auf sauer, neutral und alkalisch allgemeine und wichtige Operationen darstellen, indem der Farbenwechsel in dem einen oder anderen Sinne ganz bestimmte Schlüsse über die Zusammensetzung der vorliegenden Lösung zulässt.

Im Allgemeinen ist die Verwendbarkeit dieser Reaction für alle in Wasser nicht sehr schwer löslichen Substanzen möglich, und Curcuma und Lackmus erlangen ihre Hauptbedeutung da, wo sie als Indicatoren bei der quantitativen Bestimmung von Säuren und Basen verwendet werden.

Die Frage, wie sich eine Gruppe von Verbindungen, welche ihren chemischen Eigenschaften nach den ausgesprochensten Charakter der Säuren besitzen, nämlich die Fettsäuren, den Reactionsmitteln gegenüber verhalten, wurde bisher nur nebensächlich behandelt. Die Fettsäuren mischen und lösen sich in fast jedem Verhältnisse mit den sogenannten neutralen Verbindungen der Fette. Ohne ein sicheres Reactionsmittel auf vorhandene freie Fettsäuren ist aber die Gegenwart derselben

in Fetten vielfach in keiner anderen Weise, als durch die umständliche Elementaranalyse aufzufinden. So leicht es ist, in einer Lösung neben schwefelsaurem Natron freie Schwefelsäure mittelst Laekmus zu erkennen und zu bestimmen, so umständlich würde es sein, ohne Hülfenahme eines solchen Farbstoffes zum gleichen Ziele zu gelangen. Bei den Fetten begegnen wir nun analogen Verhältnissen, auch hier kommen Mischungen von freien Fettsäuren und reinen Fetten vor, und die Möglichkeit, erstere nachzuweisen, oder ihre Menge quantitativ zu bestimmen, hängt in erster Linie von der Anwendbarkeit eines sicheren Reactionsmittels ab. Als solches wurde bisher der Laekmusfarbstoff verwendet; von einem anderen Farbstoff fand ich nirgendwo Erwähnung. Es erscheint deshalb nothwendig, zunächst dessen Verhalten den verschiedenen Fettsäuren gegenüber zu besprechen.

Alle jene Verbindungen aus der Gruppe der Fettsäuren, welche in Wasser leicht löslich sind, zeigen mittelst Lackmus eine deutlich saure Reaction. Es röthen demnach: Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure das blaue Lackmuspapier, und es lässt sich ihre Titrirung mittelst einer Base wie z. B. Natron in derselben Weise ausführen, wie die der Schwefelsäure. Von Capronsäure löst sich 1 Theil in 96 Theilen Wasser von 7° C. auf, dieses erhält hierdurch noch eine stark saure Reaction, und ein Gleiches ist der Fall bei Caprylsäure, von welcher sich nur 0,25 Theile in 100 Theilen siedenden Wassers auflösen.

Die Myristinsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure sind nach den übereinstimmenden Angaben in Wasser vollständig unlöslich, gleichwohl aber findet sich in den meisten Lehrbüchern die Mittheilung, dass diese Säuren sauer reagiren und Lackmus röthen.

Dagegen soll die in den Fetten des Pflanzen- und Thierreiches häufig vorkommende freie Oelsäure zwar ebenfalls in Wasser unlöslich sein, aber eine vollständig neutrale Reaction (selbst in alkoholischer Lösung) besitzen, und nur im unreinen Zustande, wenn sie nach längerem Stehen unter Sauerstoffabsorption sich zersetzt hat, Lackmus röthen.

Die Fettsäuren bilden mit Glycerin sogenannte neutrale Verbindungen, kurzweg als Fette bezeichnet. Die Reinheit dieser Fette, wie z. B. des aus Fettgewebe erhaltenen Thierfettes, des Olivenöles u. s. w., wird im Allgemeinen nach ihren äusseren Eigenschaften beurtheilt, und die Anforderungen, die hierin gestellt werden, gehen dahin, dass die Fette farblos, geruchlos und geschmacklos seien, und dass sie ausserdem n e u t r a l r e a g i r e n. Es wird nicht auffallen, dass ein Fett, welches ranzig riecht und schlecht schmeckt, Fettsäuren enthält, indem Geschmack und Geruch von dem Vorhandensein flüchtiger und löslicher Fettsäuren abhängen. Da aber reine Oelsäure nach allen Angaben vollständig geruchlos, geschmacklos ist, ausserdem neutral reagirt, so bleibt immer noch die Frage offen, ob ein vorliegendes

Fett nicht diese Säure im freien Zustande enthält. In Fetten, die ferner ganz sicher Fettsäuren enthalten, kann deren Menge eine sehr wechselnde sein, entweder nur die geringsten wahrnehmbaren Spuren, oder fast alle das Fett bildenden Fettsäuren: die saure Reaction gibt keinen Aufschluss über die Menge der Säuren. Es muss deshalb als eine grosse Lücke betrachtet werden, dass wir keine einfache und sehr leicht auszuführende Methode besitzen, in Fetten mit Sicherheit die saure Reaction festzustellen, oder die Menge der vorhandenen Fettsäuren zu bestimmen. Die Bemühungen nach einer derartigen Methode möchten schon deshalb gerechtfertigt sein, da die Fette im Stoffwechsel des thierischen Organismus eine wichtige Rolle spielen und ein erfolgender Zerfall der Fette wohl sicher mit einer Zerlegung in Fettsäuren beginnt; da ferner, wie v. Brücke gezeigt hat, die Anwesenheit von Fettsäuren in Fetten von grösster Bedeutung für die Resorption der Fette im Darmkanale ist, insofern hiervon jene ausserordentliche Vertheilbarkeit des Fettes in feinste Tröpfchen abhängig ist, welche es mit geringen Mengen von kohlensaurem Natron erleidet.

Im Folgenden werde ich nun zeigen können, dass alle Fette fast ausnahmslos sauer reagiren. Das reinste aus dem Thierkörper bei niederer Temperatur ausgeschmolzene Fett, wie das reinste, geschmacklose Olivenöl stellt bereits eine Mischung von neutral reagirenden Fetten und von Fettsäuren dar. Es konnte dies bisher nur deshalb übersehen werden, weil die gewöhnlich verwendeten Reactionsmittel zur Erkennung der Fettsäuren in Fetten durchaus nicht ausreichend sind. Mit Hülfe der zu beschreibenden Methode lässt sich aber nicht blos die Reaction der Fette mit Sicherheit feststellen, sondern dieselbe ermöglicht auch ein Titrirverfahren anzuwenden, um die Menge der Fettsäuren, die in Fetten vorkommen, ebenso genau quantitativ zu bestimmen, wie wir freie Schwefelsäure mittelst Natron oder Baryt titriren.

Die Anwendung des blauen Farbstoffes von Lackmus als Indicator bei der Fettreaction hat mehr wie ein Bedenken gegen sich. Die zur Herstellung der Farblösung dienenden Lackmuskörner enthalten zwei Farbstoffe, einen blauen, in Wasser sehr leicht löslichen, und dann eine nicht unbedeutende Menge eines rothen Farbstoffes. In Alkohol ist der erstere vollständig unlöslich, während die im Mörser zerstossenen Lakmuskörner durch Behandlung und Ausziehen mit heissem Alkohol den rothen harzigen Farbstoff verlieren und nach dem Trocknen ein blaues Pulver hinterlassen, welches an Wasser den blauen Farbstoff sehr leicht und rein abgibt. Ich wählte die aus dem ersten Aufgusse des so behandelten Lackmus bereitete Tinctur, stumpfte die alkalische Reaction mit verdünnter Schwefelsäure ab und verwendete sie zur Färbung von feinem Filtrirpapiere. Man erhält so eine zur Erkennung der Reaction sehr geeignete und empfindliche Sorte Papier, welche die Flüssigkeit rasch aufsaugt und bei den folgenden Versuchen stets angewandt wurde.

Es lässt sich nun im Voraus erwarten, dass der blaue Farbstoff des Lackmus sich den Fetten und in Wasser unlöslichen Fettsäuren gegenüber anders verhalten werde, wie gegenüber den in Wasser leicht löslichen Fettsäuren, indem der blaue Lackmusfarbstoff auch in den Fetten und meisten Fettsäuren vollständig unlöslich ist. Um die Reaction einer Substanz mit Lackmus zu prüfen, oder auf Lackmuspapier zu erkennen, genügt es nämlich durchaus nicht, dass sie eine Säure ist und im flüssigen Zustande sich befindet. Als Uebertragungsmittel der Reaction dient stets das Wasser, welches durch Lösung des Lackmusfarbstoffes einerseits und der zu prüfenden Verbindung andererseits jene Beweglichkeit und innige Berührung der kleinsten Theilchen schafft, welche eine gegenseitige Einwirkung ermöglichen.

Durch einen einfachen Versuch kann man sich von der Nothwendigkeit dieser Vorbedingung überzeugen.

Die Capronsäure röthet, nach den Angaben von Chevreul, sehr stark Lackmus. Es gilt dies jedoch nur für Capronsäure, die Wasser enthält. Bringt man einen Tropfen reiner, wasserfreier Capronsäure auf blaues Lackmuspapier, so saugt dasselbe die Säure zwar rasch ein, zeigt aber nur durch eine sehr schwache Röthung des Papieres die saure Natur der Flüssigkeit. Aber auch diese geringe Röthung, welche wasserfreie Capronsäure auf Lackmus bewirkt, ist an die Anwesenheit von Wasser gebunden. Denn trocknet man das blaue Lackmuspapier bei 100° C. und bringt dann einen Tropfen Capronsäure rasch genug auf das Papier, bevor es Wasser aus der Luft aufgenommen hat, so entsteht keine Spur der Röthung mehr. Die reine wasserfreie Capronsäure reagirt demnach auf trockenem Lackmuspapier vollständig neutral. Nach und nach wird die von Capronsäure durchtränkte Stelle des Papieres roth, und zwar in dem Grade, als Wasserdämpfe zutreten; haucht man an die Stelle, so entsteht die Röthung viel schneller, und ein Tropfen Wasser ruft sie augenblicklich hervor.

Capronsäure mischt sich in fast allen Verhältnissen mit Alkohol. Sehr wohl zu beachten ist nun, dass auch diese Lösung auf Lackmuspapier ebenfalls vollständig neutral reagirt, aber auch hier allmählich in Folge von Wasseranziehen aus der Luft eine Röthung des Lackmus erfolgt oder momentan durch Aufträufeln von Wasser. Die Lösung einer Säure in Alkohol ist deshalb nicht ein Mittel, um den sauren Charakter derselben mit Lakmus festzustellen. Gottlieb (Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 57) beobachtete, dass die reine Oelsäure neutral reagire und betonte zugleich den in viele Lehrbücher übergegangenen Satz, dass auch die alkoholische Lösung von Oelsäure noch vollständig neutral reagirt. Mich würde es wundern, wenn die alkoholische Lösung der Oelsäure sauer reagiren würde, denn der Alkohol ist gerade ein Mittel, die saure Reaction nicht auftreten zu lassen.

Das Beispiel, dass reine Capronsäure in Alkohol nicht reagirt, habe ich eben erwähnt. Geradeso verhält sich auch reine Oxalsäure. Dieselbe ist in Alkohol in nicht unbedeutenden Mengen löslich; ein Tropfen dieses Oxalsäure haltigen Alkohols reagirt gleichwohl vollständig neutral. Erst durch Wasserdämpfe oder feuchtes Lackmuspapier werden die neutral reagirenden Stellen wieder roth. In stark wasserhaltigem Alkohol bewirkt die Oxalsäure natürlich sofort saure Reaction. Es genügt also nicht, dass die Säuretheilchen im flüssigen Zustande mit Lackmus in Berührung kommen.

Ebenso ist bekannt, dass wasserfreie Essigsäure das Lackmuspapier durchaus nicht röthet, d. h. so lange kein Wasser zugegen ist nicht sauer reagirt, und dass Eisessig, in absolutem Alkohol gelöst, den kohlensauren Kalk nicht zu zersetzen vermag, während bei Gegenwart von nur geringen Mengen Wasser die Zerlegung eintritt. Wir sehen hieraus zur Genüge, dass freie Säuren auf Lackmus nicht sauer reagiren müssen, wenn sie auch flüssig sind, oder in einem Lösungsmittel wie Alkohol sich finden. Wenn nun Verbindungen, die in Wasser löslich sind, wie die Oxalsäure, Essigsäure oder Capronsäure, keine Röthung des blauen Lackmuspapieres hervorrufen, so lange kein Wasser zugegen ist, so müsste dasselbe Verhalten bei Verbindungen, die in Wasser vollständig unlöslich sind, nicht minder vorausgesetzt werden. Die Myristin-, Palmitin-, Stearin- und Oelsäure sind in Wasser unlöslich, doch findet sich die Angabe, dass die ersten drei Säuren Lackmus röthen, während nur die Oelsäure neutral reagirt.

Der Versuch zeigt nun, dass diese Säuren entweder in Wasser nicht unlöslich, oder mit Spuren einer in Wasser löslichen Säure verunreinigt sind. Reine mehrmals umkrystallisirte Stearinsäure reagirte vollständig neutral, als sie im flüssigen Zustande auf blaues, bei 100° C. getrocknetes Lackmuspapier gebracht wurde, sobald jedoch auf die Stelle warmes Wasser (um die Stearinsäure flüssig zu erhalten) aufgeträufelt wurde, entstand eine geringe Röthung des Papieres. In gleicher Weise reagirte eine Lösung der Stearinsäure in Alkohol neutral und wurde erst sauer, als Wasser zugegeben war, oder wasserhaltiges Lackmuspapier verwendet wurde. Es verhält sich somit die Stearinsäure ebenso wie die Capronsäure; sie reagirt nur bei Gegenwart von Wasser sauer.

Ob die Stearinsäure vielleicht in sehr geringem Grade in Wasser löslich ist, oder ob sie nur solche Spuren einer anderen in Wasser löslichen Fettsäure enthält, dass sie reagiren, aber nicht mehr durch die Elementaranalyse aufgefunden werden können, vermag ich nicht zu entscheiden; sicher ist nur, dass die Stearinsäure ohne Wasser gar nicht, und mit Wasser eine sehr schwache, gerade erkennbare Säurereaction gibt.

Die Prüfung der Reaction von Fettsäuren setzt also stets die Gegenwart von Wasser voraus, und in reinem, wasserfreien Zustande reagiren sie auf Lackmus neutral. Die Reactionsintensität wird um so schwächer, je weniger die Fettsäuren in Wasser löslich sind. Die alkoholische Lösung der Fettsäuren reagirt auf Lackmus immer neutral. Die reinen Fette verändern, wie man sich leicht überzeugen kann, die blaue Farbe des Lackmus nicht, doch hängt dies nicht damit zusammen, dass sie dann neutrale Verbindungen sind. Schmilzt man nämlich mit einem neutral reagirenden Fette reine Stearinsäure, oder Oelsäure zusammen, so zeigt die Mischung noch die ursprüngliche neutrale Reaction und diese ist demnach kein Anzeichen dafür, dass Fette keine freien Fettsäuren enthalten. Reagirt ein Fett sauer, so erfahren wir nur, dass Wasser und eine darin lösliche Säure vorhanden ist. Fette, welchen geringere Mengen Stearinsäure zugesetzt sind, reagiren auch mit Wasser versetzt neutral.

Nach dem bisher Gesagten kann es nicht auffallen, dass die Frage über die Reaction der Fette und Fettsäuren noch auf einem so unsicheren Boden steht.

Die erste Anforderung an einen Farbstoff, der als Indicator der Reaction von Fetten dienen soll, ist wohl, dass der Farbstoff von den Fetten selbst in Lösung aufgenommen werden kann. Diese Bedingung erfüllen nun Curcuma, Alkanna und Rosolsäure. Alle drei Farbstoffe zeigen, so verschieden ihre chemische Zusammensetzung ist, das Uebereinstimmende, dass sie in Wasser für sich unlöslich sind, dagegen sich leicht in Alkohol, sehr leicht in Aether und den Fetten und fetten Säuren lösen. Die Intensität, mit welcher sie die Flüssigkeiten färben, ist eine sehr bedeutende.

Zur Darstellung der im Folgenden angewandten Farbstofflösungen verwendete ich:

1) Den Alkoholauszug von Curcuma, nachdem derselbe durch vorsichtiges Zutröpfeln einer verdünnten Barytlösung soweit abgestumpft war, dass er den empfindlichen Farbenton von gelblich zu braun erhielt.
2) Eine alkoholische Lösung von Rosolsäure und zwar etwa 2—3 Grm. krystallisirter Rosolsäure auf 1000 Cctm. Alkohol. Auch sie wurde durch Zusatz von Baryt auf den Neutralisationspunkt eingestellt.
3) Eine alkoholische Lösung von Alkanna, bereitet entweder durch Ausziehen der rothen Rindentheile der Alkannawurzel (Anchusa tinctoria) oder direct durch Lösen des im Handel vorkommenden festen Alkannarothes.

Obgleich diese drei Farbstoffe in Wasser gänzlich unlöslich sind, so eignen sie sich dennoch trefflich, um die Reactionen in wässerigen Lösungen zu vermitteln. Ein Paar Tropfen der alkoholischen Farbstofflösung geben einer grossen Menge

Wasser die betreffende Farbe. Die Spur Alkohol hält dann die Farbe in Lösung, welche wieder vollständig ausfällt, wenn durch längeres Stehen, oder rascher durch Erwärmen der Alkohol aus dem Wasser verdunstet ist. Die genannten Farbstoffe besitzen einen hohen Grad von Empfindlichkeit für saure oder alkalische Reaction; ich werde später noch auf diesen Punkt zurückkommen, und den Grenzwerth durch Versuche angeben.

Der Uebergang von sauer zu alkalisch zeigt sich bei Curcuma bekanntlich in dem Farbenwechsel von gelb zu braun. Es sind dies jedoch wenig contrastirende Farben, welche den genauen Neutralisationspunkt namentlich dann schwierig erkennen lassen, wenn die zu untersuchenden Fette oder fetten Säuren bereits einen gelblichen oder bräunlichen Farbenton besitzen.

Die Rosolsäure bildet in Säuren oder sauren Lösungen eine nahezu farblose Lösung, welche nur bei einem grösseren Ueberschusse von Rosolsäure in einen gelblichen Farbenton übergeht. Vermeidet man zu viel der Farbstofflösung, so offenbart sich der Uebergang in die alkalische Reaction durch das momentane Auftreten einer deutlichen rosarothen Färbung. In Fetten, welche nicht vollständig hell und wasserklar sind, lässt sich dieser Punkt noch sehr scharf erkennen.

Einen nicht minder auffallenden und sicheren Farbenwechsel zeigt die Alkannalösung Die in allen sauren Lösungen prächtig rothe Farbe geht mit dem Eintreten der alkalischen Reaction in ein tiefes Blau über. Die Farbenintensität ist hierbei eine so grosse, dass sie leicht die gelblichen oder röthlichen Farben einzelner Fette übertönt. Nur bei sehr stark gelb gefärbten Fetten, wie z. B. Leberthran, tritt eine Mischung der Farben in der Weise ein, dass mit dem Auftreten der alkalischen Reaction nicht das tiefe Blau, sondern ein dunkles Grün entsteht.

Die Intensität, mit welcher Säuren und Basen auf die Farbstoffe in alkoholischer oder ätherischer Lösung wirken, ist eine sehr bedeutende. In 1000 Cctm. ganz neutralen Aethers wurden einige Tropfen der Rosolsäurelösung gebracht, und die Farbe des Aethers hierdurch nicht verändert. Als nun 0.2 Cctm. einer alkoholischen Natronlösung mit 0,00036 Grm. Natron zugefügt wurde, erschien nach dem Umschütteln sofort die alkalische Reaction, indem der Aether sich rosaroth färbte. In 100 Cctm. Aether liess sich also ein Ueberschuss von 0,036 Mgrm. Natron, oder 1 Theil Natron in nahezu 2,5 Millionen Theilen Aether erkennen. Dieselbe Empfindlichkeit der Reaction finden wir in neutralem Alkohol mit Alkanna, während Curcuma den Uebergang von gelblich in braun weniger deutlich gibt.

Ich möchte gleich hier hervorheben, dass der gewöhnlich aus den chemischen Fabriken bezogene Alkohol und Aether fast stets etwas sauer reagirt.

500 Cctm. Alkohol bedurften 2,0 Cctm. Natronlösung entsprechend 4,8 Mgrm. Schwefelsäure, um neutral zu werden. 100 Cctm. Alkohol besassen also einen Säuregrad entsprechend 0,96 Mgrm. Schwefelsäure. In einem anderen Alkohol entsprach der Säuregrad für 100 Cctm 0,24 Mgrm. Schwefelsäure; in 100 Cctm. Aether = 0,19 Mgrm.; in 100 Cctm. Amylalkohol = 26,8 Mgrm. Schwefelsäure.

Es ist darum nothwendig, dass der Alkohol und Aether, welcher zu den folgenden Reactionsproben der Fette verwendet wird, stets vorher auf seine Reaction geprüft und, wenn sauer, mit Natron auf den Neutralisationspunkt gestellt wird.

---

1. Prüfung der Fette auf ihre Reaction.

Einzelne der Fettsäuren wie auch der Fette sind bei gewöhnlicher Temperatur fest; auch die flüssigen Fette besitzen im Allgemeinen eine so beträchtliche Zähflüssigkeit, dass eine Mischung derselben mit den wenigen Tropfen des im Alkohol gelösten Farbstoffes nur schwer und umständlich auszuführen wäre. Es empfiehlt sich deshalb, die zu prüfende Fettsubstanz in einem kleinen Becherglase oder Probircylinder mit neutralem Aether zu lösen, und dann erst ein paar Tropfen der alkoholischen Farbstofflösung zuzugeben. Es tritt dann eine sofortige Mischung des Farbstoffes mit dem in Aether gelösten Fette ein, welche der Lösung die entsprechende Färbung verleiht.

Setzt man eine alkoholische Alkannalösung, welche mittelst einer Spur von überschüssigem Natron blau gefärbt ist, zu Fetten, so ändert sich die blaue Farbe, wenn eine Fettsäure oder ein saures Fett vorliegt, augenblicklich in die prächtig rothe Farbe, und beweist hierdurch aufs Deutlichste die saure Reaction. Diese Reaction unterscheidet sich von der Prüfung eines säurehaltigen Wassers, dem ein paar Tropfen blauer Lackmusfarbe zugesetzt wurden, in Nichts, als dass die erstere ohne Anwesenheit von Wasser ausführbar ist.

Mit einer durch Natron eben roth gefärbten Rosolsäurelösung tritt in ähnlicher Weise bei sauren in neutralem Aether gelösten Fetten eine sofortige Verfärbung ein, während die rothe Färbung nur bei ganz neutralen Fetten, die keine Spur von fetten Säuren enthalten, bestehen bleibt.

Prüfen wir nun in dieser Weise die verschiedenen Fettsäuren, so sehen wir, dass alle sehr deutlich und entschieden sauer reagiren, und zwar nicht blos Capronsäure und Stearinsäure, sondern ebenso die reine Oelsäure, von der man bisher annahm,

dass sie neutral reagirt. Ferner ergibt sich, dass die meisten thierischen und pflanzlichen Fette, wenn sie auch dem Geschmacke und Geruche nach gänzlich rein und unzersetzt erscheinen, bereits Säuren enthalten.

---

2. Quantitative Bestimmung der Fettsäuren.

Indem wir somit im Stande sind, die Reaction eines jeden Fettes festzustellen und zugleich beobachten, dass die meisten Fette sauer reagiren, tritt uns die Frage entgegen. sind nur Spuren oder grössere Mengen von Fettsäuren vorhanden, und sind wir im Stande, eine quantitative Bestimmung der vorhandenen Fettsäuren auszuführen?

Um die Quantität der in Aether gelösten Fettsäuren zu bestimmen, lag der Gedanke nahe, dieselben mittelst einer Base geradezu zu titriren, und hierbei den eben beschriebenen Farbenwechsel von Alkanna oder Rosolsäure als Indicator zu wählen. Basen wie Kalk oder Baryt mussten deshalb ausgeschlossen werden, weil sie in Aether unlöslich sind und mit den Fettsäuren unlösliche und stark zusammenballende Seifen geben Aber auch eine Natronlösung in Wasser konnte ebenso wenig als Titrirflüssigkeit verwendet werden, indem dieselbe mit Aether sich nicht mischt und das Natron an die in dem Aether gelösten Fettsäuren nur sehr langsam und unvollständig übergeht.

Ich versuchte deshalb, ob sich nicht Alkohol, welcher eine bestimmte Menge Aetznatron enthält, als Titrirflüssigkeit eignen würde, und es bestätigte dies auch der Versuch. Man kann eine alkoholische Natronlösung zu Aether geben, ohne dass irgend welche Fällung eintritt, und die Fettsäuren, welche in dem Aether gelöst waren, verbinden sich augenblicklich und vollständig bis zum Neutralisationspunkte mit dem Natron. Die Aetherlösung bleibt so lange sauer reagirend, bis alle vorhandenen freien Fettsäuren neutralisirt sind. Dieser Endpunkt wird durch den Farbenwechsel einiger zugesetzter Tropfen Alkanna oder Rosolsäure angezeigt.

Wir können somit mittelst einer alkoholischen Natronlösung alle in Aether gelösten Fettsäuren neutralisiren, und aus der verbrauchten Natronmenge auf die Quantität der vorhandenen Fettsäuren schliessen.

Die Lösung von Natron in Alkohol hat nun einen Missstand, insoferne der Alkohol durch relativ geringe Mengen Natron eine allmähliche Zersetzung erleidet. Bei Anwesenheit von Natron nimmt Alkohol sehr bald Sauerstoff aus der Luft auf unter Bildung eines rothbraunen, gelösten Farbstoffes, während essigsaures und ameisensaures Natron, sowie unlösliches kohlensaures Natron entstehen. Eine solche

alkoholische Natron-Titrirlösung hält sich deshalb nicht lange und in einem bis zwei Tagen ist der Titre vollständig verändert. Es ist somit nothwendig, die Titrirflüssigkeit jederzeit frisch zu bereiten und sie nur in diesem Zustande zu verwerthen. Um die Darstellungsweise derselben möglichst zu vereinfachen, bereitete ich eine Lösung von reinem Aetznatron in Wasser, welches in 10 Cctm. etwa 0,200 Grm. Natron enthielt; dieselbe bleibt lange Zeit unverändert, sofern sie nur vor dem Zutreten von Kohlensäure möglichst bewahrt wird. Zur Titrirung der Fettsäuren stellte ich dann unmittelbar vor der Ausführung die alkoholische Natronlösung in der Weise dar, dass genau 10 Cctm. der wässerigen Natronlösung zu 100 Cctm. des neutralen Alkohols gegeben wurden. Bei einiger Sorgfalt im Abmessen mit der Pipette gelingt es jenen Grad der Genauigkeit zu erreichen, dass eine Titrefeststellung der neuen Alkohollösung nicht mehr nöthig ist. Sie lässt sich jedoch leicht ausführen durch eine verdünnte wässerige Schwefelsäure mit einmal bestimmtem Werthe. Die durch die Mischung des Alkohols mit der wässerigen Natronlösung eintretende Volumsänderung ist bei den angegebenen Verhältnissen sehr gering, so dass man keinen Fehler begeht, wenn man 100 Cctm. Alkohol mit 10 Cctm. Natronlösung gleich 110 Cctm. setzt. Eine solche alkoholische Natronlösung besitzt den Vortheil, dass sie sich noch vollständig mit Aether mischt, obgleich eine geringe Menge Wasser zugegen ist.

Zur quantitativen Bestimmung der Fettsäuren empfiehlt sich somit folgendes Verfahren.

In einem kleinen, dünnwandigen Bechergläschen wird die zu untersuchende Substanz genau abgewogen, und zwar bei sehr säurehaltigen Verbindungen 1—2 Grm., bei weniger sauren bis zu 20 Grm. Die Substanz wird dann mit 20—30 Cctm. neutralem Aether übergossen und, wenn nöthig, unter schwachem Erwärmen vollständig gelöst. Uebersicht man, dass einzelne Theile ungelöst blieben, so geben sie beim Titriren Anlass zu Fehlern. Die zu frühzeitig auftretende alkalische Reaction lässt die Säurebestimmung als beendet erscheinen, während nach einiger Zeit in dem Grade, als der ungelöste Theil in den Aether übergeht, wieder saure Reaction auftritt.

Die Aetherlösung wird nun mit der Farbstofflösung zur Ermittlung der Reaction versetzt. Einige Versuche lehren sehr bald die Menge des zugesetzten Farbstoffes (Alkanna oder Rosolsäure in alkoholischer Lösung) richtig zu treffen. Zu wenig Farbstoff lässt den Farbenwechsel undeutlich erscheinen, und zu viel dunkelt die Lösung so, dass hierdurch der Uebergang von sauer in die alkalische Reaction schwieriger erkannt wird. Die Titrirung mit der alkoholischen Natronlösung erfolgt unmittelbar in dem Bechergläschen, welches frei über eine weisse Porzellanplatte gehalten wird, und hierdurch die Beleuchtung von unten her erfährt.

Gegen das Ende der Reaction geht die ursprünglich licht weinrothe Färbung der mit Alkanna gefärbten Fettlösung in die blaue Farbe über, und über der weissen Unterlage erkennt man sehr leicht und scharf, wann der einfallende Tropfen Natronlösung den Farbenwechsel bewirkt hat. Wie schon früher erwähnt, geht das Alkannaroth bei stärker gelb gefärbten Fetten, wie Leberthran, nicht in Blau, sondern in ein deutliches Grün oder Grünlichblau über.

Es kann vorkommen, dass bei grösseren Mengen von Fettsäuren die alkoholische Natronlösung in dem Aether einen glasartigen, weichen Niederschlag von Seifen hervorruft. Ein geringer Zusatz von neutralem Alkohol genügt dann, denselben wieder vollständig zu lösen, d. h. entstehen viele Seifen durch die Titrirung, so ist eine grössere Menge Alkohol nothwendig.

Umgekehrt kann beim Titriren einer grösseren Fettmenge durch den Zusatz der alkoholischen Natronlösung eine Trübung entstehen, welche aus reinen Fetten besteht. Es werden die vom Aether gelösten Fette durch Alkohol zum Theil gefällt. Ein Zusatz von Aether löst dann sofort wieder die Trübung. Bei Anwesenheit von mehr Fetten ist eine grössere Menge Aether zur Lösung nothwendig.

Aus der Menge der verbrauchten alkoholischen Natronlösung lässt sich schliesslich die zum Neutralisiren des angewandten Fettes nöthige Base berechnen.

A. Titrirung von reinen Fettsäuren.

Welche Genauigkeit die Titrirung nach der beschriebenen Weise zulässt, wird sich am sichersten ergeben, wenn man einfache, chemisch reine Verbindungen der Fettsäuren wählt, und die durch die Titrirung gefundenen Mengen Natron mit der aus den Aequivalenten berechneten Menge vergleicht.

Zu den folgenden Fettsäurebestimmungen war eine Natronlösung in Wasser verwendet, welche in 10 Cctm. genau 0,204 Grm. Natron enthielt. 10 Cctm. hiervon gaben mit 100 Cctm. Alkohol eine Mischung, von welcher in 1 Cctm. der alkoholischen Natronlösung 1,854 Mgrm. Natron entsprechend 2,4 Mgrm. Schwefelsäure (SO) sich befand. Bei allen Titrirungen drückte ich den Säuregrad der Fettsäuren nicht in der Menge Natron aus, die zur Neutralisation erforderlich war, sondern in der entsprechenden Menge Schwefelsäure, indem die einfache Zahl des Schwefelsäureäquivalentes eine bequemere Umrechnung für andere Verbindungen zulässt.

Ich betrachte zunächst die Oelsäure, welche nach den bisherigen Erfahrungen für ein genaues Titriren die grössten Schwierigkeiten zu bieten schien.

Die reine Oelsäure ist $C_{18} H_{34} O_2$, mit einem Aequivalentgewichte von 282. Es sind somit 100 Oelsäure gleichwerthig 14,18 Schwefelsäure und bedürfen zur Neutralisation 10,99 Aetznatron, um das einfach ölsaure Natron zu bilden.

Zur Titrirung wurden Proben reiner Oelsäure in ein Bechergläschen gebracht, abgewogen und dann bis zur Neutralisation mit der Natronlösung versetzt und daraus die 100 Oelsäure entsprechende Menge Schwefelsäure berechnet.

Abgewogene Menge Oelsäure Grm.	Verbrauchte Menge Natron Cctm.	= Mgrm.	100 Oelsäure entspricht Schwefelsäure
0,8325	49,0	90,84	14,12
0,4838	29,0	53,76	14,34
0,8723	50,5	93,63	13,90

Den Säurebestimmungen mit alkoholischer Natronlösung nach entsprechen somit 100 angewandter Oelsäure im Mittel 14,12 Schwefelsäure, den Aequivalenten nach berechnet 14,18 Schwefelsäure. Es zeigt dies, dass wir durch ein geeignetes Verfahren nicht allein den Säurecharakter der Oelsäure erkennen, sondern auch, dass wir die Menge derselben durch ein einfaches Titrirverfahren feststellen können.

Die Stearinsäure besitzt eine von der Oelsäure nur wenig abweichende Zusammensetzung: $C_{18} H_{36} O_2$, Aequivalentgewicht 284. Es entsprechen also 100 Stearinsäure 14,08 Schwefelsäure und werden von 10,91 Natron neutralisirt.

Abgewogene Menge Stearinsäure Grm.	Verbrauchte Menge Natron Cctm.	= Mgrm.	100 Stearinsäure entspricht Schwefelsäure
1,2475	72,8	134,97	13,91
1,0161	59,0	109,38	13,93

Auch hier ergibt das Titrirverfahren ein mit der Berechnung sehr übereinstimmendes Resultat. Die übrigen Fettsäuren, welche zwar in Wasser schwer, in Aether und Alkohol aber leicht löslich sind, lassen sich in derselben Weise titriren, wie die in Wasser ganz unlöslichen. 100 Gewichtstheile von Capronsäure mit der Zusammensetzung $C_6 H_{12} O_2$ entsprechen 34,48 Schwefelsäure. Die Titrirung zweier Proben von 0,8714 Grm. und von 0,1569 Grm. Capronsäure ergab, dass 100 Theile der verwendeten Capronsäure 35,17 resp. 35,50 Schwefelsäure entsprechen.

Die Uebereinstimmung der aus der chemischen Formel berechneten Menge Säure mit der durch die Titrirung aufgefundenen hängt natürlich in erster Linie davon ab, in wie weit die abgewogene Menge der Substanz vollständig rein und ohne fremde Beimischungen vorliegt. Ja das Verfahren ermöglicht direct in einfacher Weise die Reinheit der Fettsäure zu bestimmen. Bei vielen Präparaten zeigte mir die Titrirung augenblicklich, dass die Substanzen Verunreinigungen enthalten, und sie gewährte grössere Sicherheit als die Schmelzpunktbestimmung.

B. Fettsäurebestimmungen in Fetten.

Bei Besprechung der Reaction der Fette hatte ich bereits hervorgehoben, dass die meisten untersuchten Fette nach dem Auflösen in vollständig neutralem Aether eine schwach blau gefärbte, alkoholische Alkannalösung wieder rötheten, also aufs Deutlichste sauer reagiren. War schon diese Thatsache von Wichtigkeit, so war es immerhin möglich, dass nur eine Spur von Säure die saure Reaction hervorrief.

Erwähnen muss ich nun im Voraus, dass die Titrirung eines sauren Fettes mit Natron keinen Schluss erlaubt auf die Gegenwart der einen oder andern Säure. Es können verschiedenartige Fettsäuren in dem Fette vorkommen, indem nicht blos die Oelsäure, Stearinsäure, sondern auch die in Wasser lösliche Capronsäure, Buttersäure u. s. w. mit den Fetten sich mischen. Wir können somit durch die Titrirung nur in Summa erfahren, wie viel von einer Base nothwendig ist, um alle die verschiedenen Fettsäuren zu neutralisiren. Die Werthigkeit der Fettsäuren ist eine sehr verschiedene. Es entsprechen z. B. 100 Gewichtstheile von

Buttersäure	($C_4 H_8 O_2$)	= 45,45	Schwefelsäure	= 35,23	Natron.
Capronsäure	($C_6 H_{12} O_2$)	= 34,48	„	= 26,72	„
Palmitinsäure	($C_{16} H_{32} O_2$)	= 15,62	„	= 12,11	„
Stearinsäure	($C_{18} H_{36} O_2$)	= 14,08	„	= 10,91	„
Oelsäure	($C_{18} H_{34} O_2$)	= 14,18	„	= 10,99	„

In sauren Fetten lässt sich also aus der Natronmenge, die zur Neutralisation verbraucht worden ist, keine Berechnung anstellen, welche Gewichtsmengen bestimmter Fettsäuren zugegen sind, sondern nur summarisch der Säuregrad titriren.

Wir finden analoge Verhältnisse bei der Säurebestimmung des Harns, wo ebenfalls die von verschiedenen Säuren oder sauren Salzen bedingte Reaction durch eine gemeinsame Neutralisation bestimmt und auf eine willkürlich angenommene Säure bezogen wird.

Die Bestimmung des Säuregrades in Fetten wurde genau nach der früher besprochenen Methode der Titrirung ausgeführt, nur mussten bei Fetten, die sehr wenig Fettsäuren enthielten, grössere Gewichtsmengen abgewogen werden.

Den geringsten Säuregrad besitzen Fette, welche möglichst rasch aus dem Fettgewebe des Thierkörpers erhalten wurden.

Aus einer sehr fettreichen Leiche wurden gegen 300 Grm. Fettgewebe vom Oberschenkel ausgeschnitten, zerkleinert und sogleich bei niederer Temperatur (60–70° C.) auf dem Wasserbade erwärmt, bis eine grössere Menge Fettes ausgeflossen war. Dasselbe abgegossen und durch ein Papierfilter filtrirt, gab ein

rein gelbliches, lichtes Fett, ohne Geruch nach Fettsäuren. Das Fett reagirte auf Lackmus vollständig neutral, röthete dagegen in der ätherischen Lösung blau gefärbtes Alkanna. Zur Neutralisation von 19,1688 Grm. des Fettes waren 0,3 Cctm. Natron, entsprechend 0,72 Mgrm. Schwefelsäure, nothwendig; 100 Gewichtstheile Fett besassen also einen Säuregrad entsprechend 0,003 Schwefelsäure.

Ein anderes ebenfalls bei niederer Temperatur gewonnenes Menschenfett zeigte einen Säuregrad von 0,062 Schwefelsäure. Nachdem es mehr als ein Jahr im verschlossenen Glase aufbewahrt worden war, betrug der Säuregrad nunmehr 0,135 Schwefelsäure auf 100 Grm. Fett. Im Laufe eines Jahres war somit eine langsame Zersetzung unter Säurebildung eingetreten.

Verschieden von dem Fette des Fettgewebes ist das aus sehr fettreicher Leber gewonnene Fett. Wenn es auch möglichst frisch unter den obigen Vorsichtsmaassregeln bei niederer Temperatur ausgeschmolzen und filtrirt wird, zeigt es stets einen auffallend hohen Säuregrad. Ob noch andere Säuren neben Fettsäuren in dem Leberfette zugegen sind, mag hier bei der summarischen Säurebestimmung übergangen werden.

Die Säurebestimmungen in vier Proben von Fett aus Fettlebern ergaben folgende Werthe:

	Abgewogene Fettmenge Grm.	Braucht Cctm. Natron	100 Fett entspricht Schwefelsäure Grm.
A.	2,1552	8,0	0,891
	2,6263	9,6	0,876
B.	3,5971	19,2	1,282
	2,8513	14,9	1,252
C.	4,1096	24,6	1,436
	3,4450	20,8	1,448
D.	1,7680	8,6	1,160

Da Fette, frisch aus dem thierischen Körper dargestellt, bereits eine bestimmte Säuremenge besitzen, ist dies bei Fetten, die längere Zeit gelagert haben, ebenso zu erwarten. Ich habe nun für einige Fette aus dem Handel den Säuregrad bestimmt; derselbe ist auch bei denselben Sorten von Fett nicht gleich, da die Bereitungsweise, die Zeit und Art des Lagerns von Einfluss auf die stattfindende Fettzersetzung ist.

Der Säuregrad erscheint in einzelnen Fällen kein besonders hoher zu sein. Da er jedoch in einer den Fettsäuren äquivalenten Menge Schwefelsäure ausgedrückt ist, so ist die Quantität der frei vorhandenen Fettsäuren jedenfalls eine viel beträchtlichere. Die Schwefelsäure besitzt ein viel kleineres Aequivalentgewicht, als es den in den Fetten vorhandenen freien Fettsäuren zukommt.

Es entspricht z. B.:

1 Grm. Schwefelsäure =	2,20	Grm.	Buttersäure,
	2,90	„	Capronsäure,
	6,40	„	Palmitinsäure,
	7,05	„	Oelsäure,
	7,10	„	Stearinsäure,

Wenn also im Leberfette der Säuregrad für 100 Fett 1,40 Schwefelsäure entspricht, so kann er in der That hervorgerufen sein durch 9,94 Proc. Stearinsäure oder 9,87 Proc. Oelsäure.

In der folgenden Tabelle ist der Säuregrad einiger Fette und fetter Körper angegeben, und zwar gibt die Reihe A den für 100 Gewichtstheile gefundenen Säuregrad in Schwefelsäure, die Reihe B die äquivalente Menge freie Stearinsäure.

	A	B
Rindertalg (frisch)	0,230	1,633
Rindertalg (alt)	0,753	5,316
Olivenöl (reinstes)	0,250	1,775
Olivenöl (ebenso)	0,264	1,874
Leberthran (gereinigt) . . .	1,046	7,426
Leberthran	1,578	11,204
Mohnöl	0,681	4,835
Rüböl	0,535	3,798
Leinöl	0,367	2,605
Ricinusöl	0,473	3,358
Nelkenöl	0,168	1,193
Cocusnussfett	0,682	4,842
Wachs (weisses)	7,862	55,820
Spercamet	0,144	1,022
Paraffin	0,024	0,170
Lorberöl	0,013	0,092
Eieröl	1,463	10,387

Ich unterlasse an dieser Stelle in einer näheren Besprechung die gefundenen Resultate zu erörtern. Sie sollten nur eine Anschauung gewähren, dass viele Fette, die in ihrem Verhalten zu Lackmus als neutral angesehen wurden, bedeutende Mengen freier Fettsäuren gelöst enthalten.

Zur Prüfung des Titrirverfahrens schlug ich endlich noch den Weg ein, dass ich Mischungen von Fetten mit Fettsäuren in bekannten Verhältnissen darstellte und dieselben mit der alkoholischen Natronlösung titrirte. Es musste dann der in den beiden Verbindungen vorhandene Säuregrad sich in dem Gemische als Summe wieder auffinden lassen.

Bei Verwendung der einzelnen Fette war natürlich darauf Rücksicht zu nehmen, dass dieselben bereits einen mehr oder weniger hohen Säuregrad besitzen.

Ein frisch aus dem Fettgewebe des Menschen bereitetes Fett gab einen Säuregrad entsprechend 0,001 Schwefelsäure. Von demselben wurde eine Portion von 25,1555 Grm. abgewogen; die in ihr enthaltenen Säuren entsprechen somit 2,41 Mgrm. Schwefelsäure. Diese Portion wurde mit 0,0835 Grm. Oelsäure versetzt, welche 11,84 Mgrm. Schwefelsäure entsprechen (100 Oelsäure = 14,18 Schwefelsäure), und dann ohne Erwärmen mit einem Glasstabe gemischt. Es fanden sich somit:

Fett aus dem Fettgewebe	25,1555 Grm.	=	2,41 Mgrm.	Schwefelsäure,
Oelsäure	0,0835 „	=	11,84 „	„
Mischung	25,2390 Grm.	=	14,25 Mgrm.	Schwefelsäure.
	100 „	=	0,056 „	„

Von diesem mit Oelsäure versetzten Fette brauchten nun 6,869 Grm. Fett 1,6 Cctm. Natron, entsprechend 3,84 Mgrm. Schwefelsäure. 100 Theile besitzen darnach einen Säuregrad = 0,056 Schwefelsäure, d. h. denselben Werth, welcher sich für die in bekannten Verhältnissen gemischten Verbindungen vorher berechnen liess. Die Oelsäure wurde also auch hier vollständig neutralisirt.

Dasselbe Resultat gaben Mischungen von Olivenöl mit Oelsäure. Der ursprüngliche Säuregrad von 100 Olivenöl betrug 0,264 Grm. Schwefelsäure, in welches die Oelsäure gegeben wurde.

Die abgewogenen Mengen betrugen:

Olivenöl	4,0694 Grm.	=	0,0107 Grm.	Schwefelsäure,
Oelsäure	0,3798 „	=	0,0538 „	„
Mischung	4,4492 Grm.	=	0,0645 Grm.	Schwefelsäure.

Mit Natron titrirt waren 26,9 Cctm. Lösung zur Neutralisation erforderlich, entsprechend 0,0645 Grm. Schwefelsäure.

In einer andern Probe bestanden die Mischungen aus:

Olivenöl	7,1656 Grm.	=	0,0189 Grm.	Schwefelsäure,
Oelsäure	0,3284 „	=	0,0465 „	„
Mischung	7,4940 Grm.	=	0,0654 Grm.	Schwefelsäure.

Diese Mischung wurde mit 27,7 Cctm. Natronlösung neutralisirt, welche 0,0665 Grm. Schwefelsäure entsprechen.

Mischungen von Fetten mit anderen Fettsäuren zeigten dasselbe Verhalten.

Menschenfett mit einem Säuregrad von 0,0625 Schwefelsäure wurde mit reiner Stearinsäure gemengt (100 Stearinsäure = 14,08 Schwefelsäure) und zwar in den Verhältnissen:

Fett . . .	9,3974 Grm.	=	0,0059 Grm. Schwefelsäure,
Stearinsäure	1,0516 „	=	0,1480 „ „
Mischung	10,4490 Grm.	=	0,1539 Grm. Schwefelsäure.

Zu ihrer Neutralisation waren 65,0 Cctm. Natronlösung erforderlich = 0,156 Grm. Schwefelsäure.

Ebenso lässt sich in Mischungen von zwei sauren Fetten der nun entstehende Säuregrad feststellen. 100 Olivenöl entsprach 0,264 Grm. und 100 Leberthran 1,040 Grm. Schwefelsäure. In einer Mischung von beiden war:

Olivenöl .	8,7382 Grm.	=	0,0230 Grm. Schwefelsäure,
Leberthran	4,6560 „	=	0,0484 „ „
Mischung	13,3942 Grm.	=	0,0714 Grm. Schwefelsäure.

Zur Neutralisation waren 28,7 Cctm. Natronlösung verwendet, entsprechend 0,0689 Grm. Schwefelsäure.

Alle die einzelnen Mischungen von zwei in ungleichen Verhältnissen sauer reagirenden Fetten oder von Fettsäuren mit andern Fetten gaben dasselbe Resultat, dass die Fettsäuren neben Fetten mit derselben Genauigkeit titrirt werden können, wie in reinem Zustande für sich allein, und ich halte es für überflüssig, noch weitere Beispiele hierüber anzuführen.

Wir sehen demnach nicht blos, dass alle Fettsäuren mit den geeigneten Reactionsmitteln sauer reagiren, sondern, dass sich auch die Säuremenge durch ein ebenso einfaches wie sicheres Titrirverfahren bestimmen lässt.

Die Bedingungen, unter welchen sich die reinen Fette rascher oder langsamer zersetzen, sind im Allgemeinen wenig untersucht. Der Grund lag wohl mit in der Schwierigkeit, die Umsetzung neben unzersetzten Fetten zu verfolgen. Nach der beschriebenen Methode lässt sich der Grad der Zersetzung in jedem Momente leicht bestimmen.

So möchte ich erwähnen, dass die Fette bereits bei einer Temperatur von 100° C. eine allmähliche Spaltung in Fettsäuren erfahren.

Als ganz reines, frisch dargestelltes Menschenfett in ein stets auf 98—100° C. erwärmtes Luftbad gebracht wurde, besass dasselbe einen Säuregrad entsprechend 0,003 Grm. Schwefelsäure auf 100 Fett. Im Laufe von 15 Stunden war es bereits saurer geworden und 100 Grm. Fett entsprachen nunmehr 0,180 Grm. Schwefelsäure. Nach 44 Stunden war der Säuregrad auf 0,340 Grm. Schwefelsäure für 100 Fett gestiegen. Durch die Erwärmung des Fettes auf 100° C. hatte also der Säuregrad einen 113 Mal so grossen Werth erhalten, als er ursprünglich betrug.

Reinstes Olivenöl aus dem Handel mit dem ursprünglichen Säuregrad von 0,250 Schwefelsäure wurde in gleicher Weise auf 100 ° C. erwärmt und jeden Tag in einer Probe die Säurebestimmung ausgeführt. Für 100 Olivenöl ergab sich folgende Säurezunahme in Grm. Schwefelsäure ausgedrückt.

	Säuregrad		
Vor dem Versuch	0,250	Grm.	Schwefelsäure.
Nach 1 Tag	0,260	„	„
„ 2 „	0,298	„	„
„ 3 „	0,339	„	„
„ 4 „	0,386	„	„
„ 5 „	0,651	„	„
„ 6 „	0,872	„	„

Diese constante Erhöhung des Säuregrades bei 100 ° C. möchte um so auffallender erscheinen, da nach Gerhardt die Fette im Allgemeinen eine Temperatur von 250 ° C. ertragen, ohne sich merklich zu zersetzen. Indem ich nun dasselbe Olivenöl einer höheren Temperatur von 220 ° C. aussetzte, ergab sich, dass der Säuregrad nicht zu-, sondern im Gegentheile abnahm. Einzelne Proben des im offenen Becherglase bei 220 ° C. erwärmten Olivenöls zeigten für 100 Fett folgenden Säuregrad:

	Säuregrad		
Vor dem Versuch	0,250	Grm.	Schwefelsäure.
Nach 5 Stunden	0,179	„	„
„ 11 „	0,158	„	„
„ 22 „	0,146	„	„

Dieses merkwürdige Verhalten mag seinen Grund wohl darin haben, dass bei 220 ° C. bereits Fettsäuren sich verflüchtigen und so aus dem Fette hinweggehen. Wenigstens zeigt der Versuch, dass dasselbe Olivenöl, in einer Retorte auf 220 ° C. erwärmt, eine beträchtliche Menge von Fettsäuren in dem kühleren Theile des Retortenhalses absetzte. Es können also bei starker Erhitzung des Fettes die vorhandenen sowie auch die durch Zerlegung frei werdenden Fettsäuren hinweggehen, und so ein mehr neutrales, reines Fett hinterlassen.

Bringen wir Fettsäuren mit Glycerin zusammen, so verbinden sich dieselben bei erhöhter Temperatur. Mittelst der angegebenen Methode der Titrirung ist es nicht schwer, sich in jedem Momente von dem Grade, in welchem die Umsetzung bereits erfolgt ist, zu überzeugen. Eine Mischung von Stearinsäure mit Glycerin wurde auf 150 ° C. erwärmt und durch einen Rührapparat in steter Bewegung erhalten.

Während die angewandte Stearinsäure einen ursprünglichen Säuregrad von 14,08 zeigte, somit reine Stearinsäure war und das Glycerin vollständig neutral

reagirte, nahm die Menge freier Stearinsäure in dem Gemische durch Erwärmung auf 150 ° C. in folgender Weise ab.

	Säuregrad Schwefelsäure	= Stearinsäure
	14,08	100
Nach 1 Stunde	11,12	78,95
„ 5 „	6,35	45,08
„ 11 „	2,83	20,09
„ 22 „	0,43	3,05

Die Titrirmethode zeigt somit, dass in dem Grade, als die Stearinsäure mit Glycerin sich verbindet, die saure Reaction abnimmt und gibt die Quantitäten an, welche in die neutrale Verbindung übergegangen sind.

Im Darmkanal hat, wie v. Brücke feststellte, die Zerlegung der Fette in Fettsäuren eine hohe Bedeutung für ihre Resorptionsfähigkeit. Durch die von diesem Autor ausgeführten Versuche war jedoch nicht bekannt, ob zur Entstehung der feinen Vertheilung des Fettes mit kohlensaurem Natron ein grösserer oder kleinerer Bruchtheil von Fettsäuren zugegen sein muss. Emulgirungsversuche ergeben nun, dass Fett, mit einem Säuregrad entsprechend 0,140 Grm. Schwefelsäure, auf Zusatz einiger Tropfen kohlensauren Natrons keine Veränderung zeigt; dass Fette mit dem Säuregrad von 0,300 Schwefelsäure nur eine Vertheilung des Fettes in grösseren Tropfen aufweisen, die bald in die Höhe steigen, dass endlich Fette mit einem Säuregrad von 0,6 und mehr Schwefelsäure die schönste Emulsion bilden. Das in der Emulsion vertheilte Fett kann also noch zum grössten Theile (90—96 Proc.) aus reinen Fetten bestehen. Indem durch das Titrirverfahren die Menge Natron bestimmt werden kann, welche zur Neutralisation eines sauren Fettes nothwendig sind, so lässt sich ferner zeigen, dass die Quantität kohlensauren Natrons, welche zur vollständigen Emulgirung abgewogener Mengen Fett zugesetzt werden muss, die Fettsäuren nicht vollständig neutralisirt. Die Emulsion bildet sich, bevor alle vorhandenen Fettsäuren noch in Seifen umgewandelt sind, und die vertheilten Fetttröpfchen besitzen noch saure Reaction. Da ich zur Zeit noch mit den Fragen beschäftigt bin, unter welchen Bedingungen solche fein vertheilte Fette bei Körpertemperatur Zersetzungen erfahren, muss ich die hierüber ausgeführten Untersuchungen in eine spätere Mittheilung verweisen.

Die angegebenen Beispiele mögen genügen, auf die Bedeutung einer Methode hinzuweisen, welche die sichere Erkennung der Reaction der Fettsäuren und Fette sowie eine genaue quantitative Bestimmung der vorhandenen Fettsäuren möglich macht.

UEBER DIE WÄRMEENTWICKLUNG BEI DER ZUSAMMENZIEHUNG DES MUSKELS

VON

A. FICK.

Die Untersuchung der Wärmeentwicklung bei der Muskelerregung bildet ohne Zweifel ein vorzügliches Mittel zum Studium der in diesem Gewebe stattfindenden Processe. In der That muss ja, wenn am Ende einer Muskelzusammenziehung die äusseren Verhältnisse wieder dieselben sind wie zu Anfang, die ganze von den chemischen Verwandtschaftskräften geleistete Arbeit lediglich zur Erzeugung von Wärme verwendet sein. Man hat also in der entstandenen Wärme ein directes Maass der geleisteten chemischen Arbeit.

Indem ich von Neuem an Untersuchungen dieser Art herantrat, wurde ich von folgenden Ueberlegungen geleitet. Betrachten wir den Verlauf einer Muskelzuckung, so müssen nothwendig zwei verschiedene chemische Processe während derselben stattfinden. Es muss nämlich erstens ein chemischer Process den Muskel in den veränderten Zustand seines molecularen Gefüges bringen, welcher den Fasern bei gleicher Länge eine grössere Spannung oder bei gleicher Spannung eine kleinere Länge ertheilt. Dieser Process muss sicher ein solcher sein, dass dabei chemische Kräfte Arbeit leisten, denn es werden während dieses Actes äussere Kräfte überwunden, was nur auf Kosten chemischer Arbeit geschehen kann. Nach Analogie anderer derartiger Vorgänge wird aber wahrscheinlich nicht die ganze chemische Arbeit zur Ueberwindung der äusseren Kräfte verwendet, sondern wohl ein namhafter Bruchtheil auch schon während der Zusammenziehung des Muskels zur Erzeugung von Wärme. Nach vollendeter Zusammenziehung muss ein neuer chemischer Process im Muskel beginnen der seinen inneren Zustand wieder verändert, denn wenn der Muskel in dem durch den ersten Process gesetzten Zustande verharrte, wäre kein Grund zur Wiederausdehnung gegeben, wie denn auch wirklich bei der Wärmestarre keine Wiederausdehnung der Zusammenziehung folgt. Obwohl es für diesen zweiten Process im Muskel nicht a priori gewiss ist, so ist es doch wohl sehr

wahrscheinlich, dass auch er zu denen gehört, bei welchen im Ganzen chemische Kräfte Arbeit leisten. Die Processe der anderen Art, bei denen im Ganzen chemische Kräfte überwunden werden, wie z. B. Reductionen u. dgl. kommen ja überhaupt selten unter gewöhnlichen Umständen vor, sondern erfordern meistens hohe Temperaturen oder elektrische Einwirkungen von aussen. Es ist hier aber ganz besonders wahrscheinlich, dass der zweite Act der chemischen Processe im Muskel einfach in einem weiteren Zerfall der durch den ersten Act gesetzten Producte in derselben Richtung besteht, wobei noch einfachere und fester gefügte Zersetzungsproducte entstehen. Es ist somit höchst wahrscheinlich, dass auch bei diesem zweiten Act der Muskelzuckung Wärme entwickelt wird. Frei werden muss aber in diesem Acte auch noch eine andere Wärmemenge, nämlich ein Aequivalent derjenigen äusseren Arbeit, welche während des ersten Actes geleistet wurde, da dieselbe Arbeit jetzt von den äusseren Kräften am Muskel geleistet wird.

Es fragt sich nun zweitens, welche Vorstellungen man sich von der Wärmeentwicklung bei einem Tetanus machen kann. Die nächstliegende Vermuthung ist die, dass für jeden vom Nerven kommenden Reizanstoss in der Muskelfaser eine bestimmte Menge zersetzbaren Stoffes bereit liegt, gleichsam eine geladene Patrone, die durch den Reizanstoss entzündet wird, und in jenen oben geschilderten zwei Acten abbrennt. Wenn sich die Sache so verhielte, dann müsste bei einem Tetanus von gewisser Dauer die entwickelte Wärme der Häufigkeit der Reizanstösse proportional sein und unabhängig davon, wie hoch die Zusammenziehung des Muskels steigt. Dass dem nicht so ist, hat schon Heidenhain in seiner ausgezeichneten Abhandlung über die Muskelwärme gezeigt. In einer freilich nur beiläufigen Bemerkung (Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung etc. Leipzig 1864. S. 128) berichtet er von Versuchen, die er nicht ausführlich mittheilt, aus denen hervorgeht, dass die in einem Tetanus von bestimmter Zeit entwickelte Wärme bis zu einem gewissen Punkte allerdings mit der Häufigkeit der Reizanstösse zunimmt, aber keineswegs dieser letzteren Grösse proportional und nur so lange, als auch noch die Höhe der Zusammenziehung wächst. Ich selbst habe diesen Satz in ausgedehnten eigenen Versuchsreihen durchaus bestätigt gefunden.

Man könnte sich nun zweitens eine der soeben entwickelten gerade entgegengesetzte Vorstellung machen. Man könnte nämlich denken, dass die ferneren Reizanstösse, welche nur zur Erhaltung der tetanischen Zusammenziehung, nicht aber zur Vermehrung der Zusammenziehung führen, gar keine chemischen Processe auslösten und nur dahin wirkten, das Entstehen des zweiten Processes zu hindern, welcher zur Aufhebung der Zusammenziehung führt. In Fällen, wo noch ein mechanisch merkbares Fibriren im Tetanus stattfindet, wäre dann anzunehmen, dass nur ganz minime Beträge der beiden chemischen Processe stattfänden, so lange

der Tetanus dauert. Mit den Ergebnissen der soeben angezogenen Versuche von Heidenhain und von mir liesse sich diese Vorstellung wohl vereinigen, sofern bei diesen Versuchen die Dauer des Tetanus constant war und daher nicht auszumachen ist, wie viel Wärme während einer Zeiteinheit beim bestehenden Tetanus frei wird. Um die fragliche Vorstellung experimentell festzustellen, oder zu widerlegen, müssten Versuche gemacht werden mit variirender Dauer des Tetanus, und sollte die Vorstellung richtig sein, so müssten solche Versuche ergeben, dass die Dauer bei immer gleicher Höhe ohne grossen Einfluss auf die erzeugte Wärmemenge wäre, denn es dürfte ja nur bei der Zusammenziehung und bei der schliesslichen Wiederausdehnung eine namhafte Wärmemenge frei werden.

Versuche dieser Art habe ich in grosser Anzahl angestellt und sie will ich jetzt zunächst mittheilen. Eine Beschreibung der Methode kann ich mir ersparen, da ich mich durchweg der vortrefflichen Methode Heidenhain's bedient habe. Wenige Bemerkungen werden genügen. Zum Tetanisiren diente ein du Bois'scher Schlitteninductor. Primärer Strom und Rollenabstand waren so gewählt, dass eine weitere Steigerung der Stärke des secundären Schlages keine Verstärkung des Tetanus mehr herbeiführte. Die Unterbrechung wurde bewerkstelligt durch das Helmholtz'sche Hammerwerk, dessen Gang durch eine Schraube beliebig schnell gemacht werden kann. Bei den zunächst mitzutheilenden Versuchsreihen blieb der Gang unverändert und war so geregelt, dass sicher ein stetiger Tetanus entstand. Ich schätze, dass etwa 30—40 Unterbrechungen des Stromes in einer Secunde erfolgten. Die Schläge der secundären Rolle konnten von dem Nerven des im Heidenhain'schen Apparate aufgehängten Muskels durch Zumachen eines Schlüssels abgehalten werden. Seinen Griff hielt ich, während ich durchs Fernrohr sah, in der Hand und öffnete ihn nach dem Schlage eines Metronoms für eine bestimmte und von Versuch zu Versuch wechselnden Zeit, welche in den Tabellen in Metronomschlägen angegeben ist. Jeder Schlag entspricht ungefähr 0,36″. Nachstehende Tabellen enthalten die Ergebnisse von vier Versuchsreihen, welche ich für wohlgelungene halte.

Dauer des Tetanus in Metronomschlägen	Ablenkung des Thermomultiplicators in Scalenth.	Dauer des Tetanus in Metronomschlägen	Ablenkung des Thermomultiplicators in Scalenth.
		4	56
Nr. I.		3	48
1	48	2	41
2	76	1	20
3	98	2	33
4	103	3	41
5	96	4	48
6	98	5	54
5	75	6	52

Dauer des Tetanus in Metronomschlägen	Ablenkung des Thermomultiplicators in Scalenth.
Nr. II.	
1	24
2	31
3	35
4	43
5	49
6	52
5	39
4	34
3	27
2	21
1	13
Nr, III.	
1	65
2	58
3	87
4	101
5	116
6	123
5	91
4	82
3	59
2	47
1	36
Moment	24
1	34
2	41
3	42
4	34
5	50
6	51
5	42
4	34
3	32
2	25
1	16

Dauer des Tetanus in Metronomschlägen	Ablenkung des Thermomultiplicators in Scalenth.
1	14
2	18
3	21
4	25
5	25
6	27
Nr. IV.	
6	156
5	132
4	113
3	82
2	66
1	45
Moment	28
1	43
2	57
3	68
4	77
5	81
6	84
5	69
4	60
3	48
2	35
1	23
Moment	13
1	25
2	32
3	41
4	40
5	43
6	40
5	36
4	31
3	26
2	20
1	14

Wenn man diese Zahlen zu weiter tragenden Schlüssen verwenden will, so muss man sich vor allen Dingen darüber klar werden, in welcher Beziehung die Ablenkung des Thermomultiplicators zu der gesammten im Muskel frei werdenden Wärmemenge steht. Da die Bewegung meines Magnetspiegels sehr stark gedämpft war und nur sehr langsam erfolgte, mithin annähernd aperiodisch war, so kann

unbedenklich angenommen werden, dass die Ablenkung in dem Augenblicke, wo sie ihr Maximum erreicht hatte und aufgeschrieben wurde, ein directes Maass ist für die Temperaturerhöhung, welche die Vorderfläche der Säule vom Anfang der Beobachtung bis zu dem fraglichen Augenblicke erlitten hat. Diese Temperaturerhöhung würde nun ihrerseits ein genaues Maass für die im Muskel gebildete Wärmemenge sein, wenn die Wärme im Muskel momentan frei würde und wenn zweitens die Löthstellen der Säulenfläche ohne alle Tiefe ganz in der Oberfläche lägen, so dass sie momentan von der Temperaturerhöhung ergriffen würden, und wenn endlich drittens der Magnetspiegel momentan das Maximum seiner Ablenkung erreichen könnte. Nun erfordern aber in Wirklichkeit alle diese Vorgänge Zeit und es geht während dieser Zeit also von der erzeugten Wärme schon eine gewisse Menge aus dem Muskel heraus, theils nach allen Seiten, theils ins Innere der Thermosäule, so dass im Momente der höchsten Ablenkung die Temperatur des Muskels selbst nicht um so viel erhöht ist, als der ganzen erzeugten Wärmemenge entspricht. Noch weniger kann die Intensität des Thermostromes der ganzen gebildeten Wärmemenge entsprechen, da dieselbe doch offenbar proportional sein muss dem Ueberschuss der mittleren Temperatur der vorderen Löthstellen über die Temperatur der hinteren. Von den vorderen Löthstellen theilen aber nur die in der Oberfläche gelegenen Punkte die Temperatur des Muskels, während die tiefer im Inneren gelegenen Punkte eine niedrigere Temperatur haben müssen, um so niedriger, je weiter im Inneren sie liegen. Es ist daher ersichtlich, dass die Ablenkung überall etwas kleiner sein wird, als der Temperaturerhöhung des Muskels entspricht, die eintreten würde, wenn die ganze entwickelte Wärmemenge in demselben bliebe. Annähernd proportional wird aber, so scheint mir, die Ablenkung doch immerhin den gebildeten Wärmemengen gesetzt werden können, sofern die in Betracht kommenden Zeiten immer dieselben sind. Denn es werden wohl die Wärmeverluste der entwickelten Wärme und Temperaturerhöhung selbst annähernd proportional sein. Eine eingehendere mathematische Untersuchung der Sache würde kaum zu einer bestimmteren Aussage führen, da eine solche Untersuchung doch nur unter sehr vereinfachten, der Wirklichkeit nicht mehr entsprechenden Voraussetzungen ausführbar sein würde. So viel aber ist ersichtlich, dass, wenn die in Betracht kommenden Zeiten länger werden, die Verluste an wirksamer Wärme sich vergrössern müssen und dass alsdann die Ablenkung hinter der Proportionalität mit der entwickelten Wärme zurückbleiben muss. In unseren Versuchen war die Zeit bis zum Maximum der Ablenkung immer ziemlich gleich, betrug etwa 90 bis 100 Metronomschläge, aber die Dauer des Tetanus, welche wohl als die Zeitdauer der Wärmeentwicklung betrachtet werden darf, variirte von 1 bis zu 6 Metronomschlägen, und man wird also etwa vermuthen dürfen, dass die Ablenkung um so mehr hinter

der Proportionalität mit der Wärmeentwicklung zurückbleibt, je länger die Dauer des Tetanus ist. Da es sich indessen hier überall noch um kleine Zeiträume handelt, so wird der Fehler nicht sehr gross sein.

Gehen wir von dem so gewonnenen Gesichtspunkte aus an die Betrachtung der Tabellen S. CLV u. CLVI, so zeigt schon der erste flüchtige Ueberblick, dass mit der Dauer des Tetanus die Wärmemenge bedeutend wächst und dass also die oben als möglich bezeichnete Vorstellung nicht richtig ist. Es wird jedesfalls in jeder Zeiteinheit, während welcher der Tetanus dauert, Wärme frei, nicht blos in den Augenblicken der Verkürzung und der Wiederverlängerung.

Eine genauere Vergleichung der mitgetheilten Zahlen lässt aber sehen, dass doch bei den Acten der Verkürzung und Wiederverlängerung merklich mehr Wärme entwickelt wird, als während gleicher Zeiten andauerndes Tetanus. Um dies zu sehen, können wir nicht die rohen Zahlen der obigen Tabelle gebrauchen. Wie schon Heidenhain gezeigt hat entwickelt ein Muskel bei zwei auf einander folgenden Versuchen, die in den äusseren Bedingungen vollkommen gleich sind, nicht gleich viel Wärme, sondern im zweiten weniger als im ersten, und wenn zwei auf einander folgende Versuche unter verschiedenen Bedingungen angestellt sind, kann man nicht ohne Weiteres den Unterschied in der gefundenen Wärmemenge auf Rechnung der veränderten Bedingungen setzen. Um diesem Uebelstand zu begegnen, habe ich die Versuche der mitgetheilten Reihen von vorneherein so wie E. Weber seine bekannten Dehnungsversuche geordnet. Man kann so das arithmetische Mittel aus zwei unter gleichen Bedingungen angestellten Versuchen nehmen, die immer gleich weit abstehen von einem gewissen in der Mitte liegenden Versuche. Dies arithmetische Mittel wird ungefähr gleich sein der Wärmemenge, welche unter den Bedingungen des betrachteten Versuchspaares entwickelt worden wäre, wenn sich der Muskel in dem Ermüdungszustande des mittleren Versuches befunden hätte. Die so gewonnenen Zahlen werden also eine Vergleichung untereinander zulassen. Aus der ersten Versuchsreihe kann man in dieser Weise zwei Zahlenreihen bilden, indem man einmal die 11 ersten Versuche auf die Ermüdungsstufe des sechsten Versuches, und indem man zweitens die 11 letzten Versuche auf die Ermüdungsstufe des elften Versuches reducirt. Ebenso gibt die zweite Versuchsreihe eine Zahlenreihe, die dritte und vierte je vier. Sie sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, welche keiner weiteren Erklärung bedürfen werden.

Erste Versuchsreihe.

Dauer des Tetanus	Ab-lenkung	Differenzen	Dauer des Tetanus	Ab-lenkung	Differenzen
1	34		1	20	
2	58,5	24,5	2	37	17
3	73	14,5	3	44,5	7,5
4	79,5	6,5	4	52	7,5
5	85,5	16	5	64,5	12,5
6	98	12,5	6	75	10,5

Zweite Versuchsreihe.

Dauer des Tetanus	Ab-lenkung	Differenzen
1	18,5	
2	26	7,5
3	31	5
4	38,5	7,5
5	44	5,5
6	52	8

Dritte Versuchsreihe.

Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen
1	51,5		1	35		1	20		1	15	
2	52,2	1	2	44	9	2	33	13	2	21,5	6,5
3	73	20,5	3	51,5	7,5	3	37	4	3	26,5	5
4	91,5	18,5	4	58	6,5	4	34	— 3	4	29,5	3
5	103,5	12	5	70,5	12,5	5	46	12	5	33,5	4
6	123	19,5	6	87	16,5	6	51	5	6	39	5,5

Vierte Versuchsreihe.

Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen	Dauer des Tet.	Ab-lenkung	Diffe-renzen
1	44		1	33		1	24		1	19,5	
2	61,5	17,5	2	46	13	2	33,5	9,5	2	26	6,5
3	75	13,5	3	58	12	3	45,5	12	3	33,5	7,5
4	90	15	4	68,5	10,5	4	50	4,5	4	35,5	2
5	106,5	16,5	5	75	6,5	5	56	6	5	39,5	4
6	120	13,5	6	84	9	6	62	6	6	40	0,5

Wenn während der ganzen Erregungszeit in jeder Zeiteinheit gleichviel Wärme frei würde, so müsste bei einer Dauer von zwei Metronomschlägen gerade doppelt, bei einer Dauer von drei Schlägen gerade drei Mal so viel, allgemein bei einer Dauer von n-Schlägen gerade n-Mal so viel Wärme frei werden, als bei der Dauer von einem Schlage. Insoweit die Ablenkungen den Wärmemengen entsprechen,

müssten also die Differenzen je zweier auf einander folgenden Zahlen unter sich und der ersten Zahl der Tabelle gleich sein. Sofern aber nach den obigen Betrachtungen die Ablenkungen etwas hinter der Proportionalität mit den Wärmemengen zurückbleiben könnten, wäre unter der gedachten Voraussetzung zu erwarten, dass in jeder Tabelle die erste Zahl und die fünf Differenzen eine ungefähr gleichmässig abnehmende Zahlenreihe darstellten. Diese Voraussetzung trifft nun aber durchaus nicht zu.

Die Differenzreihen unserer Täfelchen zeigen zwar grosse Unregelmässigkeiten. Dieselben halten sich jedoch in gewissen Schranken und namentlich in den aus den sehr gelungenen Versuchsreihen IV und II gebildeten Täfelchen sind die Unregelmässigkeiten so gering, dass man die Zahlen unbedenklich zu weiteren Schlüssen verwenden kann. Bei näherer Betrachtung dieser Zahlen ergibt sich nun, dass die Differenzen wohl eigentlich als unter sich gleich angesehen werden können, und dass die Abweichungen von der Gleichheit wohl nur auf Rechnung der zahlreichen unvermeidlichen Fehler zu setzen sind. Es liegt hierin vor allen Dingen der Beweis, dass bei so kurz dauernder Reizung, wie es die sämmtlichen in unsern Versuchen vorkommenden sind, die Ablenkung des Thermomultiplicators wahrscheinlich sehr annähernd proportional der gebildeten Wärmemenge ist. In die Differenzreihe passt aber die Ablenkung für den Tetanus von einem Metronomschlag Dauer in keinem Falle hinein, sie ist stets viel grösser. Um diesen Satz recht anschaulich hervortreten zu lassen, wollen wir neben die Ablenkungen, welche bei eine Zeiteinheit dauerndem Tetanus erfolgt, die Mittelwerthe der Differenzen der damit vergleichbaren Zahlen setzen. Wir benutzen dabei jedoch nur die vierte und zweite Versuchsreihe, da die andern beiden Versuchsreihen doch zu grosse Unregelmässigkeiten zeigen, um das Nehmen von Mittelwerthen berechtigt erscheinen zu lassen. Wir erhalten aus den vier Gruppen der vierten und der Gruppe der zweiten Versuchsreihe folgende Zusammenstellung:

Ablenkung bei einen Metronomschlag dauerndem Tetanus	Arithmetisches Mittel der Differenzen
44	15,2
33	10,2
24	7,4
19,5	5,1
18,5	6,7

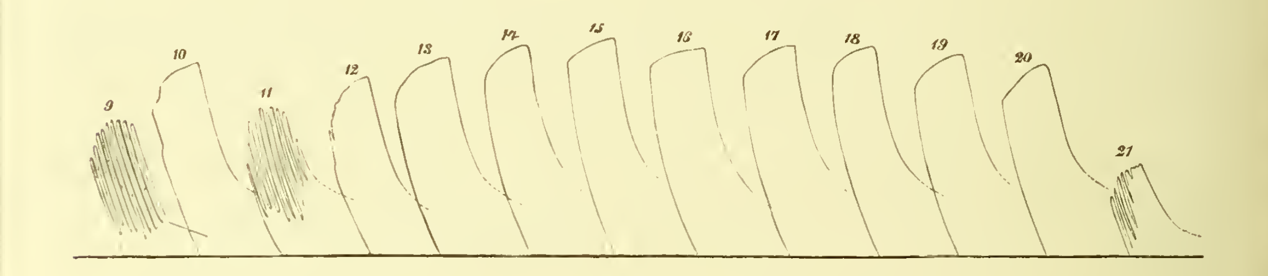
Die mittlere Differenz ist offenbar ein angenähertes Maass für die während der Dauer des Tetanus in einer Zeiteinheit (Metronomschlag) gebildete Wärmemenge. Dahingegen misst die bei einem Tetanus von nur einer Zeiteinheit erfolgte Ablenkung

die Wärmemenge, welche entsteht während einer Zeiteinheit Tetanus plus der Wärmemenge, welche bei der Zusammenziehung und Wiederausdehnung des Muskels entsteht. Von diesem letzteren Summanden würden wir also eine Vorstellung erhalten, wenn wir von der Ablenkung bei eine Zeiteinheit dauerndem Tetanus jene mittlere Differenz abziehen. In den fünf Fällen der vorstehenden Tabelle erhält man auf diese Art Zahlen die annähernd doppelt so gross sind, als die bezüglichen mittleren Differenzen. Man wird also annehmen dürfen, dass bei der Zusammenziehung und Wiederausdehnung des Muskels viel mehr Wärme frei wird, als während einer Zeiteinheit bei gleichmässig andauerndem Tetanus. Die Zeiteinheit beträgt aber in unseren Versuchen etwa 0,36″. Da nun die beiden Acte der Zusammenziehung und Wiederausdehnung des Muskels jedenfalls lange nicht so viel Zeit in Anspruch nehmen, so kann man um so viel sicherer behaupten, dass während dieser beiden Acte zusammengenommen jedenfalls sehr viel mehr Wärme frei wird als während einer gleichen Dauer des constanten Tetanus. Die Bündigkeit dieser Schlussfolgerung wird noch erhöht durch die Erwägung, dass man von jener Wärmemenge oder Ablenkung die bei eine Zeiteinheit dauernder Reizung entsteht, nicht einmal die ganze mittlere Differenz hätte abziehen dürfen, um das Maass der bei Zusammenziehung und Wiederausdehnung gebildeten Wärmemenge zu erhalten, da ja eben während eines Theiles jener Zeiteinheit nicht constanter Tetanus besteht.

Es ergibt sich also aus den vorliegenden Thatsachen unzweifelhaft der folgende Satz: Während eines in constanter Höhe dauernden Tetanus verlaufen zwar fortwährend chemische Processe, bei denen chemische Anziehungskräfte Arbeit leisten und zwar, wie es scheint, bei nicht allzulanger Gesammtdauer mit annähernd beständiger Intensität, aber diese Intensität erreicht sicher lange nicht die Hälfte des Werthes, welchen die Intensität dieser Processe hat in den Zeiten, während welcher die Zusammenziehung und vielleicht auch die Wiederausdehnung des Muskels stattfindet. Das freilich kann auch durch die vorliegenden Versuche nicht positiv entschieden werden, ob während der Wiederausdehnung des Muskels lebhafte chemische Processe statt haben. Ich sehe dazu überhaupt keine Möglichkeit, da man immer nur die Wärmemenge wird messen können, welche während einer gewissen Zeit frei wird, in welche Zusammenziehung und Wiederausdehnung hineinfällt. Aber selbst wenn man experimentell nachweisen könnte, dass während der Wiederausdehnung des Muskels Wärme frei wird, woran überhaupt nicht gezweifelt werden kann, so könnte dies vielleicht nur diejenige Wärmemenge sein, welche in Folge der Ueberwindung der Spannkräfte des Muskels durch die äusseren Kräfte entstehen muss. Für das Verlaufen chemischer Processe bei der Wiederausdehnung werden sich wohl vorläufig nur die im Eingang aufgestellten allgemeinen Erwägungen geltend machen lassen.

Der vorhin aus unseren Versuchsreihen abgeleitete Satz findet eine sehr merkwürdige Bestätigung in einer Thatsache, welche wahrscheinlich den meisten Lesern ebenso überraschend vorkommen wird, wie sie mir selbst überraschend war. Es wird nämlich bei einer Reihe von möglichst rasch auf einander folgenden Zuckungen mehr Wärme frei, als während eines gleich lange dauernden Tetanus, hervorgebracht durch eine Frequenz von Reizanstössen, die eben im Stande ist, den Muskel in dauernder Zusammenziehung zu erhalten. Lässt man die Häufigkeit der Reizanstösse weiter wachsen, so wächst die Höhe des Tetanus und mit ihr die gebildete Wärmemenge, wie schon Heidenhain angibt. Meist wird aber selbst durch die allerhäufigsten Reizanstösse noch nicht die Wärmemenge erreicht, welche bei einer Folge von Einzelzuckungen von gleicher Zeitdauer gebildet wird.

Zur Erläuterung des ausgesprochenen Satzes will ich die numerischen Ergebnisse einer Versuchsreihe mittheilen nebst graphischer Darstellung der mechanischen Veränderungen des Muskels. Diese letzteren wurden gewonnen durch einen myographischen Apparat, der unter dem Heidenhain'schen Tischchen angebracht



war. Eine nähere Beschreibung desselben ist überflüssig. Es genügt zu bemerken, dass der Apparat von Eigenschwingungen so gut wie vollständig frei war, dass er im Muskel eine auch während der Zusammenziehung constante Spannung von etwa 40 Gr. erhielt, und dass die Zusammenziehungen in sehr vergrössertem Maassstabe durch die Spitze eines Rohrstäbchens an die rotirende Trommel angezeichnet wurden. Die Dauer der Reizung betrug in allen Versuchen der Reihe fünf Metronomschläge, also etwa 1,80 Secunden. Die Wärmeeffecte sind in nachstehender Tabelle verzeichnet. Ihre erste Spalte gibt die Reihenfolge der Versuche in den Nummern des Versuchsprotokolles. Sie beginnt mit Nr. 9, weil dem ersten hier verzeichneten acht Versuche vorausgegangen waren, die wegen unvortheilhafter Anordnung weniger lehrreich sind. Die zweite Spalte gibt Auskunft über das Tempo der Reizschläge. Die dritte Spalte gibt die Ablenkung des Thermomultiplicators. In der vierten Spalte findet sich endlich eine Bemerkung über den mechanischen Zustand des Muskels während der Reizung, wovon übrigens der Holz-

schnitt eine vollständige Anschauung gewährt. Um Bild und Tabelle bequem vergleichen zu lassen, sind die einzelnen Curven mit Nummern bezeichnet.

Nummer	Tempo	Ablenkung	
9	langsam	27	Zuckungen.
10	schneller	12	Tetanus.
11	langsam	28	Zuckungen.
12	schneller	11	Tetanus.
13	noch schneller	17	Tetanus höher.
14	noch schneller	20	Tetanus noch höher.
15	noch schneller	21	Tetanus noch höher.
16	noch schneller	16	Tetanus niedriger.
17	etwa wie Nr. 15	21	Tetanus höher.
18	etwa wie Nr. 14	22	Tetanus gleichwie 17.
19	etwa wie Nr. 13	19	Tetanus niedriger.
20	etwa wie Nr. 12	10	Tetanus noch niedriger.
21	langsam	21	Schlechte Zuckungen.

Die vorstehenden Zahlen beweisen den vorausgeschickten Satz zur vollsten Evidenz. In den Versuchen 9 und 11 hat der zuckende Muskel mehr als doppelt so viel Wärme entwickelt, als in dem zwischenliegenden Versuch 10, bei welchem er sich in dauerndem Tetanus befand. Dasselbe zeigt der Vergleich des Versuches 11 mit dem vorhergehenden und nachfolgenden. Die Versuche 12 bis 16 zeigen, dass eine weitere Steigerung der Häufigkeit des Reizes so lange eine Steigerung der Wärmeentwicklung zur Folge hat, als noch eine Erhöhung des Tetanus eintritt, aber nicht weiter. So ist z. B. in Versuch 16 weniger Wärme gebildet, als in Versuch 15, entsprechend der geringeren Höhe des Tetanus, obgleich die Häufigkeit der Schläge in 16 grösser war als in 15. Die weiteren Versuche bis 20 bieten kein besonderes Interesse. Dagegen ist Versuch 21 sehr lehrreich. Obgleich hier die Zuckungen wegen des hohen Ermüdungsgrades sehr mangelhaft ausgefallen sind, haben sie doch wenigstens eine gleiche Wärmemenge erzeugt, wie die durch äusserst rasche Schlagfolge bewirkten dauernden Zusammenziehungen der bei noch lange nicht so weit vorgeschrittener Ermüdung angestellten Versuche 15, 16, 17 und 18, denn der Unterschied von 21 und 22 Scalentheilen Ablenkung kann nicht in Betracht kommen. Dies Verhalten findet indessen nicht in allen Fällen statt. In den zahlreichen Versuchsreihen, die ich angestellt habe, und die im Wesentlichen mit den hier mitgetheilten übereinstimmen, ist es mir bisweilen vorgekommen, dass bei sehr grosser Häufigkeit der Reizschläge Wärmemengen gebildet werden, welche die bei einer raschen Folge getrennter Zuckungen entstehenden noch über-

steigen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Bevorzugung derjenigen Häufigkeit der Reize, bei welcher möglichst viele getrennte Zuckungen in der Zeiteinheit entstehen, fortfällt, wenn man den Muskel an der Zusammenziehung ganz hindert. In diesem Falle entsteht einfach um so mehr Wärme, je häufiger die Reizanstösse sich folgen. Ich habe nicht versäumt, mich hiervon durch besondere Versuche zu überzeugen.

Zum Schlusse muss ich noch erwähnen, dass in meinen Versuchen der zeitliche Verlauf der Ablenkung des Multiplicators fast immer eine Eigenthümlichkeit zeigte, die möglicherweise einem Vorgange im Muskel entspricht. Die Ablenkung erfolgt nämlich in zwei Absätzen, oder genauer gesprochen: Der Magnetspiegel der Boussole bewegt sich von der bei Muskelruhe eingehaltenen Lage bis zu der am Ende der Reizung eingenommenen Stellung mit anfangs beschleunigter, dann eine Weile nahezu constanter und hierauf verzögerter Geschwindigkeit. Hat die Verzögerung schon beinahe bis zu vollständiger Ruhe geführt, so erfolgt regelmässig eine neue Beschleunigung, die freilich zu lange nicht so hohen Werthen der Geschwindigkeit führt, wie solche in der ersten Phase der Bewegung vorkommen. Der Betrag des zweiten Ruckes ist stets bedeutend kleiner, als der des ersten. Da sich die Bewegung des Magnetes nicht wohl graphisch darstellen lässt, so kann ich leider den ausgesprochenen Satz nicht zur objectiven Anschauung bringen, ich kann aber versichern, dass nicht nur von mir selbst, sondern auch von mehreren anderen vorurtheilsfreien Beobachtern die Erscheinung gesehen worden ist. Offenbar macht dieselbe ganz den Eindruck, als ob zu der Zeit, wo die zweite Beschleunigung des Magnetes stattfindet, eine neue Wärmeentwicklung im Muskel anfinge, und wenn man alle Möglichkeiten erwägt, bleibt auch kaum eine andere Erklärung übrig. Namentlich kann davon gar nicht die Rede sein, dass etwa durch die Trägheit des Magnetes selbst die Erscheinung irgendwie bedingt sein könnte. Ich habe mich nämlich durch besondere Versuche überzeugt, dass der Stillstand des Magnetes zu einer Zeit eintritt (meist nach einigen 20 Metronomschlägen), die von der absichtlich veränderten Schwingungsdauer unabhängig ist. Letztere betrug bei den höchsten von mir in Anwendung gebrachten Grade der Astasie nur 17 Metronomschläge. In meinen Tabellen ist zwar meist bei kleinerer Schwingungsdauer der Stillstand ein wenig früher verzeichnet. Dies rührt aber offenbar, bei der rein subjectiven Beobachtungsweise nur davon her, dass man den Magnet früher für ganz stillstehend ansieht, wenn er sich von vorneherein langsamer bewegte, wie das bei den geringeren Graden der Astasie der Fall ist, wo er eben im Ganzen eine kleinere Strecke durchläuft. Ich glaube hiernach die Erscheinung jedenfalls beziehen zu müssen auf den wirklichen Gang der Temperaturerhöhung an der maassgebenden Stelle der Thermosäule. Mit anderen Worten: Man muss annehmen,

dass sich in den Versuchen, wo sich der Stillstand zeigte, die Vorderfläche der Thermosäule vom Anfang des Versuches an erwärmte, dann eine kurze Zeit hindurch constante Temperatur behielt, und sich hierauf noch einmal erwärmte zu einer Zeit, wo längst die Reizung des Muskels vorüber ist, nämlich etwa 10 Secunden später. Ich sehe zwar keine theoretische Möglichkeit, diesen Sachverhalt zu erklären unter der Annahme, dass nur während der Reizungsdauer im Muskel Wärme entsteht, aber ich will zugeben, dass diese Möglichkeit einstweilen noch offen bleiben muss. Es lag nahe, diese Annahme zu prüfen, indem man ermittelte, ob sich bei Anwendung anderer thermoelektischer Vorrichtungen die Erscheinung noch in ähnlicher Weise zeigte. Ich habe zu diesem Ende ein Thermoelement von Eisen und Neusilber in den Muskel eingestochen. Dabei erhielt ich aber nicht hinlänglich grosse Ablenkungen an meiner Boussole, um den zeitlichen Verlauf derselben zu zergliedern. Sollte sich künftig zeigen lassen, dass die fragliche Erscheinung nicht blos in den Besonderheiten der Wärmeleitung aus dem Muskel in die Thermosäule ihren Grund hat, so wäre sie von hohem Interesse. Sie wäre alsdann ein Beweis dafür, dass auch nach Ablauf des ganzen Erregungsvorganges Wärme im Muskel entwickelt wird, d. h. chemische Processe in demselben verlaufen. Von vorneherein ist dies höchst wahrscheinlich, ich möchte fast sagen gewiss, da ja der Muskel in der auf eine Reizung folgenden Zeit sichtliche Veränderungen erleidet, insbesondere die oft sehr lang andauernde Wiederausdehnung und dann eine gewisse Erholung von der Ermüdung, die auch ohne Blutzufuhr stattfindet. Es fragt sich nur, ob bei diesen Vorgängen eine merkliche Wärmemenge entwickelt wird.

Vielleicht liegt hier der Schlüssel zu einer überaus merkwürdigen Beobachtung Heidenhain's. Bekanntlich fand derselbe, dass ein ermüdeter Muskel bei annähernd gleicher mechanischer Leistung die Temperatur der angelegten Thermosäule lange nicht so viel erhöht, wie ein frischer Muskel. Man wird sich nun wohl nur schwer entschliessen zu der Annahme, dass der Muskel im ermüdeten Zustande zu einer bestimmten mechanischen Leistung weniger Material verbraucht, als im frischen. Viel weniger Bedenken wird offenbar die Annahme haben, dass der Materialverbrauch im Ganzen beide Male derselbe ist, dass aber bei ermüdetem Zustande des Muskels die späteren Stadien der Zersetzung langsamer verlaufen, so dass die ganze Wärmemenge in einer viel längeren Zeit entwickelt wird, als bei frischem Zustande. Dies würde zur Folge haben, dass beim ermüdeten Muskel mehr Wärme verloren geht und folglich keine so grosse Temperaturerhöhung der Säule erzielt wird, als beim frischen Muskel.

ZUR HEMMUNGSTHEORIE DER REFLECTORISCHEN ERREGUNGEN

VON

E. CYON.

Bei Gelegenheit meiner früheren Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke bin ich auf Thatsachen gestossen, welche in mir einige Zweifel über die Zuverlässigkeit der Türk'schen Messungsmethode der Reflexthätigkeit aufkommen liessen.

In der ersten Mittheilung (Bulletin de l'Acad. des sciences de St. Petersbourg. Décembre 1873) dieser Untersuchungen sprach ich mich über diese Thatsachen folgendermassen aus:

„Der Ideengang, welcher mich bei meinen Versuchen dieser Art leitete, war folgender: Seit Türk zur Messung der Reflexthätigkeit die Methode einführte, die Zeitdauer zu messen, welche vom Moment der Hautreizung bis zum Erscheinen der Reflexbewegungen vergeht, haben die meisten Physiologen stillschweigend diese Methode adoptirt, mit der Voraussetzung, dass diese Dauer der Stärke der Reflexthätigkeit entspricht."

„Als die Thatsache constatirt wurde, dass durch Reizung gewisser Hirntheile (Setschenow) oder irgend eines Abschnittes des Centralnervensystems (Schiff) diese Zeitdauer bedeutend verlängert wird, hat man einfach aus dieser Thatsache geschlossen, dass solche Reizungen die Reflexthätigkeit als solche hemmen. In wiefern ein solcher Schluss zulässig, wurde, so viel mir bekannt, niemals discutirt, noch weniger dessen Zulässigkeit bewiesen. Und doch ist ein solcher Schluss sehr gewagt. Ueber eine Verstärkung resp. eine Hemmung der Reflexe konnte folgerichtig nur auf zweierlei Weise Auskunft erhalten werden: entweder wenn eine gleich starke Reflexbewegung durch eine schwächere resp. stärkere Reizung hervorgebracht werden kann, oder wenn bei gleichbleibender Stärke der Hautreizung die Intensität der reflectorischen Zuckungen zu-, resp. abnimmt. Die Türk'sche Methode gibt aber nur über die Zeit Aufschluss, welche ein Reiz gebraucht, um

von der Haut durchs Rückenmark zu den Muskeln zu gelangen; mit anderen Worten, diese Methode misst nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes durch die peripheren und centralen Nervenstücke."

Ich theilte sodann Versuche mit, welche entscheiden sollten, ob diejenigen Einflüsse, welche auf Grund der mit der Türk'schen Methode gewonnenen Resultate als fördernd oder hemmend auf die Reflexthätigkeit betrachtet werden, im gleichen Sinne auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wirken.

Das Ergebniss dieser Versuche hat eine bejahende Antwort geliefert: Reizung gewisser Hirnpartien vermindert die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke, die Entfernung der Hemisphären vermag dieselbe zu erhöhen.

Man könnte also die scheinbare Hemmung der Reflexthätigkeit zu erklären suchen durch eine bei Reizung gewisser Hirnpartien eintretende Verlängerung der Uebertragungszeit der Erregung in den centralen Rückenmarkstheilen.

Ich liess damals die Frage über den Werth dieser Erklärung offen, da eine Entscheidung derselben nur durch Versuche zu erzielen war, in welchen die Reflexthätigkeit auf die oben angedeutete, directe Weise gemessen werden musste.

Solche Versuche habe ich seitdem ausgeführt, und will hier kurz deren Ergebniss mittheilen. Zur Messung der Veränderungen in der Reflexthätigkeit wählte ich die Bestimmung der Stärke der reflectorisch erregten Muskelzuckungen bei möglichst gleichbleibender Intensität der Hautreize. Diese Bestimmung wurde gewonnen mittelst des Marey'schen Froschmyographen, der bekanntlich die Contractionsgrösse des M. gastrocnemius auf eine rotirende Trommel verzeichnet. Zur Reizung der Haut benutzte ich in schwacher Schwefelsäurelösung getränkte Stückchen Fliesspapier, welche in demselben Versuche auf dieselben Hautstellen gebracht wurden. Sobald die Muskelzuckung eintrat, wurde die Hautstelle sorgfältig durch einen ausgiebigen Wasserstrahl gewaschen.

Die Versuchsanordnung war im Allgemeinen folgende: Einem Frosche, dessen Hirnhemisphären bis zu den Thalami optici entfernt waren, wurde die Sehne des Gastrocnemius freigelegt und mit dem Marey'schen Schreibapparate verbunden. Die Feder des Myographen zeichnete auf der mit geringer Geschwindigkeit vorbeigehenden Trommel eine Abscisse, welche der Länge des ruhenden Gastrocnemius entsprach.

Sodann wurde mit einer Pincette das reizende Papierstückchen an einer Stelle (gewöhnlich in der Kniebeuge oder oberen Schenkelgegend) der Haut applicirt; nach einiger, bei bekannter Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel leicht messbaren Zeit trat eine Contraction des Gastrocnemius ein, deren Höhe und Form in bekannter Weise aufgezeichnet wurde.

Sodann wurde das Papierstückchen entfernt, die Haut sorgfältig gewaschen und die Feder auf eine andere Stelle der Trommel eingestellt. Auf die Schnittfläche der Thalami wurde ein Stückchen Kochsalz gelegt, und wieder der Stand der Feder bei ruhendem Gastrocnemius auf die sich bewegende Trommel verzeichnet. Ein gleich grosses Stückchen Fliesspapier, das in derselben Schwefelsäurelösung getränkt war, wurde nun auf dieselbe Hautstelle applicirt. Das häufigste Ergebniss der auf die beschriebene Weise ausgeführten Versuche lässt sich nun folgendermassen zusammenfassen.

Befindet sich die Thalamigegend im Zustande der Erregung (durch das Kochsalz), so wird der Eintritt der reflectorischen Zuckung bedeutend verzögert; aber annähernd zu derselben Zeit nach Beginn der Hautreizung, wo bei unerregten Thalami eine vollständige Zuckung eintrat, beginnt der Gastrocnemius allmählich kürzer zu werden, was dadurch sich erkennbar macht, dass die Feder des Myographs, statt wie früher eine in sich zurückkehrende, horizontale Linie zu zeichnen, auf der, 8 Umdrehungen in einer Minute vollbringenden Trommel eine Spirallinie zu beschreiben anfängt, deren Steigung nur 0,1 bis 0,25 Mm. auf 100 Mm. Länge beträgt. Ehe die Zuckung eintritt, ist die Feder über ihren früheren Stand um 3—10 Mm. gehoben. Die nach Verlauf einer Minute oder noch später eintretende Zuckung ist meistens bedeutend stärker, als die früher, ohne Reizung der Thalami erhaltene. Die Contractionshöhe ist sogar, von der letztgezeichneten Abscisse an gemessen, noch um mehrere Millimeter grösser als die frühere Zuckung.

Wir beobachten also, bei der bekannten Art die Reflexe zu hemmen, zwei Erscheinungen: 1) Fast sofort nach Application des Reizes beginnt der Gastrocnemius sich allmählich bis zum Eintritt der Zuckung zu verkürzen. 2) Die verspätet eintretende Zuckung ist oft nicht unbeträchtlich intensiver, als die früher erhaltene.

Entfernt man das Kochsalz von der Schnittfläche des Gehirnes, und wiederholt den eben beschriebenen Versuch, so erhält man eine Zuckung, welche, sowohl nach der Zeit ihres Eintritts, wie nach ihrer Höhe fast vollständig der ersten, vor der Reizung der Thalami erhaltenen gleicht.

Ausnahmen von diesem Verhalten sind bei diesen Versuchen nicht häufiger, als bei den nach der Türk'schen Methode angestellten.

Aus den beobachteten zwei Erscheinungen folgen unmittelbar einige Ableitungen, welche für das Verständniss der reflexhemmenden Mechanismen von eingreifender Bedeutung sind.

Die erste Erscheinung beweist, dass die Reizung der reflexhemmenden Centren die Uebertragung der Erregungen von den sensiblen auf die motorischen Gebilde nicht zu verhindern vermag. Wenn diese Erregungen auch nicht sofort eine plötzliche Contraction auszulösen im Stande sind, so veranlassen sie doch fast gleich bei ihrem Entstehen ein allmähliches Kürzerwerden der betreffenden Muskeln: sie pflanzen sich also durch die ganze Kette der beim Reflex betheiligten Gebilde, wie: sensible Nervenfaser, Ganglienzelle, motorische Faser und Muskel hindurch fort.

Die zweite Erscheinung, die Zunahme der Contractionshöhe, beweist, dass durch die Reizung der erwähnten Centren eine theilweise Aufspeicherung der erregenden Kräfte bei der Verspätung des Zuckungseintritts bewerkstelligt wird.

Wenn wir uns nun zu der Frage wenden, welche Deutung wir nach diesen Versuchen dem Wesen des Hemmungsvorganges geben müssen, so stellt es sich heraus, dass es mit deren Hülfe viel leichter ist, einige Deutungen dieses Wesens auszuschliessen, als eine richtige mit absoluter Gewissheit abzuleiten.

Es ist nämlich aus unseren Beobachtungen ganz klar, dass die Hemmung der Reflexe weder in einer Verminderung des Ueberganges der Erregungen von den sensiblen Nervenpartien auf die motorischen, noch in einer merklichen Zerstörung der erregenden Kräfte bestehen kann. Sie ist also keine wirkliche Hemmung, sondern nur eine Verzögerung.

Es bleiben demnach, meiner Ansicht nach, nur noch zwei Möglichkeiten, welche das Wesen der Verzögerung zu erklären vermögen.

1) Man kann annehmen, sie beruhe nur auf der Verminderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungen in den centralen Hirnpartien. — Wir haben schon in der oben citirten Untersuchung gesehen, dass eine solche Verminderung bei Reizung der Thalami wirklich stattfindet; dass sie aber die beobachteten Hemmungserscheinungen ungezwungen erklären kann, ist aus folgender Ueberlegung klar.

Das Gesetz der Nervenerregung besagt, dass der Nerv nur erregt wird, wenn seine Molecüle plötzlich aus einem Gleichgewichtszustande in einen anderen übergeführt werden; andererseits antwortet der Muskel nur dann mit einer Zuckung auf die Erregung seiner Nervenfaser, wenn das plötzliche Anschwellen derselben eine gewisse Höhe erreicht.

Wenn nun die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungen im Rückenmarke beträchtlich vermindert wird, so kann nur ein sehr allmählicher Uebergang der in der Peripherie veranlassten Erregungen auf die centralen Nervengebilde, also auch nur ein allmähliches Anschwellen der Erregung derselben stattfinden. Dieses allmähliche Anschwellen vermag nur eine ebenso langsam vorsichgehende Verkürzung hervorzurufen. Nur wenn durch die immer an der Peripherie fortdauernde Erregung die Spannung der Reizkräfte schon eine beträchtliche Höhe erreicht hat, brechen

dieselben endlich in die motorische Faser ein und erzeugen eine heftige Contraction der Muskeln.

Aus der sehr kleinen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung durch die centralen Rückenmarkpartien habe ich in der oben citirten Abhandlung geschlossen, dass die Erregung beim Durchgang durch die Ganglienzellen grosse Widerstände zu überwinden hat und daher deren Fortpflanzung verzögert wird. Reizung der Thalami optici vergrössert diese Widerstände, wodurch die früher schon nachgewiesene Verlangsamung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bewiesen wird.

Nichts liegt, mit einem Worte, näher, als die Annahme, die Verzögerung der Reflexe stamme von einer Vergrösserung der Widerstände, welche sich der Fortpflanzung der Erregung durch die Ganglienzellen entgegenstellen.

Ich neige mich auch ganz zu dieser Deutung des Reflexhemmungsmechanismus. (Es war mir sehr erfreulich, in der im Februar 1874 in Pflüger's Archiv erschienenen zweiten Abhandlung von Exner: „Ueber Reflexzeit und Rückenmarksleitung“, welche schon im December geschrieben war, also zur Zeit, wo meine Abhandlung erst der hiesigen Akademie vorgelegt wurde, eine grosse Uebereinstimmung der Resultate mit den meinigen zu finden. Trotzdem die von Exner angewandte mechanische Reizungsmethode vieldeutig ist und, wie er selbst zugesteht, grosse Fehlergrenzen zulässt, ist nicht nur sein Hauptresultat: die Verzögerung der Erregung in den Ganglienzellen, sondern es sind auch seine numerischen Ergebnisse den meinigen überraschend nahestehend.)

2) Man kann die Vermuthung aufstellen: Die Verzögerung der Reflexe rühre daher, dass zwar die Fortpflanzung der Erregung weder verhindert noch verzögert wird, die erregenden Kräfte aber, welche von den sensiblen Nerven aus in die Ganglienzellen des Rückenmarkes gelangen, Interferenzen mit denjenigen eingehen, welche von dem Hirn durch die Kochsalzreizung gesetzt werden. Ein Theil der erregenden Kraft würde also für die Reizung der motorischen Wurzeln verloren gehen; der Rest nur den normalen Tonus erhöhen, aber keine Zuckung auszulösen vermögen. Nur wenn die Hautreizung lange andauert, erreicht durch Summation der Reize die Erregung der Ganglienzellen den nothwendigen Spannungsgrad, um Zuckung zu erzeugen.

Ich habe an einer anderen Stelle (Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven. Bull. de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg. 1870) eine ähnliche Hypothese zur Erklärung der in den Herzganglien und im Gefässnervencentrum stattfindenden Hemmungen aufgestellt.

Für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ist diese Hypothese aus mehreren triftigen Gründen unzulässig. Hauptsächlich, weil man sonst erwarten

müsste, dass die Erregungen in den Ganglien angehäuft werden und nur dann auf die Wurzeln übergehen, wenn sie trotz der durch Interferenzen erlittenen Einbusse eine gewisse Spannung erlangt haben.

Meine Versuche zeigen nun aber, dass ein fortwährender Uebergang der Erregungen auf die motorischen Nerven stattfindet; es gibt also gar keinen Grund für eine Anhäufung der Reizkräfte in den Ganglienzellen.

Eine solche Anhäufung kann aber sehr leicht vorkommen, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verkleinert, ohne dass ein Theil der erregenden Kräfte durch Interferenzen aufgehoben wird: hier ist es begreiflich, dass in Folge der Widerstände in den Ganglienzellen anfangs nur ein sehr allmählicher Uebergang der Reize auf die motorischen Fasern stattfindet, dass aber, wenn die in der Peripherie fortdauernde Erregung endlich diese Widerstände in den Zellen überwindet, ein plötzlicher Durchbruch dieser Reizkräfte geschicht.

Die sub 2 gegebene Deutung hat aber auch den Nachtheil, dass sie der Voraussetzung einer in der Ganglienzelle vor sich gehenden Interferenz bedarf, während die erste nur auf der schon nachgewiesenen Thatsache fusst, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke bei Reizung der Thalami wirklich abnimmt.

Eine directe Entscheidung zwischen diesen beiden Deutungen kann nur geliefert werden, wenn anstatt fortdauernder chemischer Reizung nur eine gewisse, genau nach Dauer und Intensität messbare elektrische Reizung zur Auslösung der Reflexe gebraucht wird. Man wird dann in der Stärke der Muskelzuckung ein genaues Maass für die auf die motorischen Nerven übergehenden Reize besitzen.

Solche Versuche anzustellen war auch während längerer Zeit mein Bestreben; es ist mir aber nur unlängst gelungen, eine vorwurfsfreie Methode dafür herauszufinden. Ich behalte mir daher vor, in nächster Zeit darüber fernere Mittheilungen zu machen.

Für welche dieser beiden Deutungen meine ferneren Versuche auch zeugen mögen, so viel ist aber schon aus den bis jetzt mitgetheilten klar, dass es *weder specielle reflexhemmende Centra, noch besondere diese hemmenden Einflüsse leitende Fasern gibt.*

Ich will am Schlusse noch eines der Ergebnisse dieser Untersuchung nach einer anderen Seite hin beleuchten.

Wir haben oben gesehen, dass, wenn der Eintritt der Reflexzuckung durch Reizung der Thalami verzögert wird, ein Theil der von der Peripherie her gelangenden Reize zur Erhöhung des Tonus der Muskeln verwendet wird. Dies bestätigt nicht nur die Existenz dieses Tonus, sondern beweist auch die Richtigkeit der mehrmals bestrittenen (*Bezold*, G. *Heidenhain*) Deutung, welche ich auf Grund

meiner bereits vor neun Jahren ausgeführten Untersuchung „Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln des Rückenmarkes auf die Erregbarkeit der vorderen“ diesem Tonus gegeben habe.

Es sei mir an diesem Orte gestattet, daran zu erinnern, dass die oben citirte Arbeit zu den ersten Untersuchungen gehört, welche unter Leitung des Herrn Professor Ludwig in der provisorischen physiologischen Anstalt zu Leipzig angestellt worden sind, und dass sie neben der Abhandlung von Giannuzzi „Ueber die Speichelabsonderung“, am 27. November 1865 Gegenstand der ersten wissenschaftlichen Mittheilung unseres hochverehrten Lehrers an die königlich sächsische Gesellschaft der Wissenschaften gewesen ist.

Schon Bezold (Centralblatt f. med. Wiss. 1867. Nr. 39) war bei seinem Versuche, meine auf diesen Einfluss bezüglichen Angaben zu widerlegen, auf eine Beobachtung gestossen, die ihrer Ursache nach der jetzt von mir mitgetheilten analog ist. Diese Beobachtung lehrte, dass peripherische Reizungen sensibler Nerven, welche zu schwach sind, um Reflexe hervorzurufen, doch im Stande seien, die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln zu erhöhen. Nur ist es Bezold damals entgangen (s. meine Einleitung zu Steinmann's Untersuchung über den Tonus der willkürlichen Muskeln in den Bull. de l'Acad. des Scienc. de St. Pétersbourg. 1870), dass diese seine Beobachtung geradezu mit Nothwendigkeit meine Resultate bedingt.

Die jetzt von mir beobachtete Erhöhung des Tonus hat natürlich ganz dieselbe zu Gunsten meiner früheren Untersuchungen zeugende Kraft, wie die Beobachtung Bezold's. Ich werde nächstens über Versuche berichten, welche auf alle diese Frage betreffenden Erscheinungen neues Licht werfen.

DAS CHARAKTERISTISCHE MERKMAL DER HERZMUSKEL-BEWEGUNG

VON

DR. HUGO KRONECKER.

NACH GEMEINSCHAFTLICH MIT HERRN DR. W. STIRLING ANGESTELLTEN VERSUCHEN.

„Der Inductionsstrom geringster Stärke, welcher eine Herzzuckung auslöst,“ „ruft nicht die schwächste der möglichen Zuckungen hervor, und es steigt auch“ „nicht der Umfang der letzteren bis zu einem unüberschreitbaren Maximum, wenn“ „die Intensität des erregenden Stromes anwächst. An unserem Object (der Frosch-“ „herzkammer) bewirkt der Inductionsstrom entweder eine Zuckung, oder er vermag“ „dieses nicht; und vermag er das erstere, so ruft er auch gleich die umfangreichste“ „Zuckung hervor, welche der Inductionsstrom zur gegebenen Zeit überhaupt auslösen“ „kann. Daraus folgt unmittelbar, dass der Grund, weshalb die Herzspitze in ver-“ „schiedenem Umfange zuckt, in den veränderlichen Eigenschaften ihrer Muskelfaser“ „selbst zu suchen ist.“

Dieser Fundamentalsatz der Herzmuskelbewegung hat sich als eines der wichtigsten Resultate aus den Untersuchungen von Bowditch, „Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen“ (Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1871. S. 175), ergeben.

Nun hatten sich im Verlaufe der umfassenden Versuche einige sehr merkwürdige, unter genau bestimmten Bedingungen ganz constant wiederkehrende Vorgänge gezeigt, zu deren Deutung es nothwendig erschien, das Grundgesetz einzuschränken.

Aber, wie die Störungen im Laufe der Planeten, anstatt die Allgemeingültigkeit des Newton'schen Gravitationsgesetzes zu bedrohen, dieses gerade auf das Schönste bestätigt haben, so oft ihre Ursache erkannt worden ist, so haben — si parva licet componere magnis — die Eigenthümlichkeiten, welche die

einfache Anschauung von der Reizbarkeit des Herzens zu stören schienen, bei fortgesetzter Prüfung, mit Hülfe der von Bowditch und Luciani verbesserten Experimentalmethoden sich als vollgültige Bekräftigungen des am Eingange citirten Grundsatzes erwiesen.

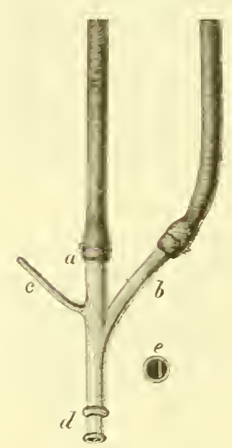
Die wesentliche Aufgabe der folgenden Arbeit soll sein, diesen Nachweis zu führen.

Als Experimentalhülfsmittel diente uns das Froschherzmanometer, anfänglich mit den Modificationen, welche in der Arbeit von Luciani, „Eine periodische Function des isolirten Froschherzens“ (Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig, 1872) angegeben sind, später mit einem schon von Bowditch angewendeten Röhrensysteme verbunden, welches gestattete, durch drei Glashähne mit T-förmiger Bohrung die Herzkammer bald mit dem dieselbe speisenden Behälter, bald mit dem Manometer in Verbindung zu setzen, bald auch mit einem Abflussrohre, durch welches das Herz seinen Inhalt nach aussen entleeren konnte.

Eine kleine, neue Vorrichtung haben wir angewendet, um den Ventrikel bequem und sehr vollkommen mit den gewünschten Flüssigkeiten ausspülen zu können.

Die neusilberne „Doppelwegcanüle“ für das Froschherz ist in natürlicher Grösse hier unten (Fig. 1) abgebildet. Das gewulstete Ende *d* wird durch den angeschnittenen Sinus venosus eines grossen Froschherzens in den Ventrikel geführt, nachdem dieser zuvor durch gedrehte Fliesspapierhülschen von Blutgerinnseln sorgsam gereinigt worden ist. Der 4 Mm. oberhalb der Mündung um das Hauptrohr der Canüle gelegte Ring dient als Fixationspunkt für die Ligatur, mit welcher man zuvörderst die Vorhöfe nahe dem Sinus venosus um das Röhrchen festbindet. Jetzt kann man, ohne dass die Canüle aus dem Ventrikel schlüpft, einen Faden unterhalb der Atrioventricularfurche um die Kammermusculatur legen und damit nach Wunsch die automatischen Herzbewegungen unterdrücken. Die Canüle gabelt sich in zwei Röhrchen *a* und *b*. Eine Scheidewand, welche von der Bifurcationsstelle zur Hauptmündung gezogen ist, sondert das Hauptrohr in zwei ungleiche Abschnitte: der Art, dass der Querschnitt *e* in zwei Segmente getheilt wird, von denen das eine ein Drittel, das andere zwei Drittel des Kreisinhaltes umfasst. Der grössere der zwei getrennten Längsabschnitte des Cylinders communicirt mit dem Gabelrohre *a*, der kleinere mit dem Rohre *b*.

Figur 1.



Der Kautschukschlauch an *b* soll durch den engen Röhrenabschnitt, je nach der Stellung der Glashähne am Systeme, entweder die speisende Flüssigkeit aus dem Behälter, in das Herz leiten, oder den Inhalt des Ventrikels abfliessen lassen.

Der weitere Röhrenabschnitt *a* ist bestimmt, die Communication des Herzinnern mit dem Quecksilbermanometer herzustellen. Der Schwimmer in dem letzteren, aus einem Glasfädchen gebogen, mit unten angeschmolzenem Glaskügelchen beschwert, verzeichnete auf dem berussten Glanzpapiermantel eines grossen, sehr gleichmässig rotirenden Kymographioncylinders, nach Form und Grösse genau, die Herzpulse. Der an die Canüle gelöthete Neusilberdraht *c* musste die rhythmisch erzeugten Inductionsströme eines Schlittenapparates dem Herzen einerseits zuführen, während ein vergoldetes, mit der speisenden Flüssigkeit gefülltes Messinggefäss, in welchem das Herz badete, mit dem anderen Pole der secundären Spirale verbunden war.

Als unsere erste Aufgabe betrachteten wir es, dem Wunsche zu entsprechen, welcher in der Arbeit von Bowditch angedeutet ist, da, wo die Abhängigkeit der Herzarbeit von der Reizstärke discutirt wird (a. a. O. S. 175). Es hatte sich nämlich gezeigt, dass minimale Reize, das heisst solche, welche gerade die Herzcontraction auszulösen fähig sind, dies nicht jedesmal thun, sondern dass dann, trotz regelmässig rhythmischer Reizfolge, die Pulse in unregelmässiger Weise aussetzen. „Der Ausfall der Zuckungen lässt sich auf zwei verschiedene Weisen erklären; entweder dadurch, dass die Empfänglichkeit der Muskelfaser für den Reiz geringer wird . . . oder dadurch, dass der Reiz selbst an seiner Stärke einbüsste. Da während der Muscarinvergiftung der Inductionsstrom, um als Reiz unfehlbar zu bleiben, nicht verstärkt werden musste, so gewinnt es den Anschein, als ob damit für die zweite der genannten Möglichkeiten entschieden wäre . . . Es ist zu bedenken, dass in meinen Versuchen die Abstufung der Reize noch lange nicht auf das erreichbare Mass gebracht wurde.“ Durch diese Betrachtung waren wir ermuntert, eine erneute Prüfung der Reizbarkeit der Herzkammer vorzunehmen, und zugleich ermahnt, auf die genaue Gleichmässigkeit der Reize sorgfältig zu achten.

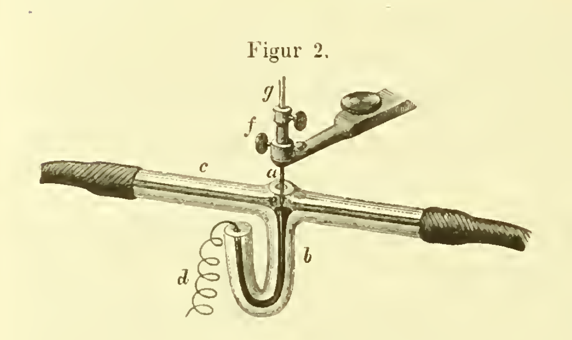
Wir bemerkten bald, dass der Quecksilbercontact am Relais, welcher zu Schluss und Oeffnung des primären Stromes diente, sehr schwer rein zu halten war.

Die von den Oeffnungsfunken gebildete Oxydschicht störte nach wenigen Unterbrechungen erheblich die Leitung. Der Oeffnungsfunken war auch durch Einschalten von Nebenschliessungen nicht völlig zu beseitigen. Wir versuchten, durch einen von W. Stirling an anderem Orte (Arbeiten aus physiologischen Anstalt zu Leipzig, Jahrgang 1874) beschriebenen Spülapparat die Quecksilberfläche blank zu erhalten. Dies gelang uns ziemlich gut. Noch vollkommener aber erreichten wir unseren Zweck mit Hülfe eines neuerdings von Herrn Dr. E. Tiegel angewendeten Kunstgriffes. Das Quecksilber, in welches der Platinstift des Relais tauchen sollte, um den primären Stromkreis zu schliessen, wurde nämlich in ein capillares Glasrohr gefüllt, über dessen Mündung es mit stark convexer Kuppe herausragte.

Das Quecksilberröhrchen war versenkt in ein mit Alkohol gefülltes Gläschen. Wenn der Platinstift in die Quecksilberkuppe fiel, so wurde das Oxydhäutchen gesprengt, und die verbrannten Theilchen flossen an den Abhängen der Kuppe herab.

Eine handlichere Form des „Capillarcontactes" in natürlicher Grösse zeigt die untenstehende Figur 2. Ein gläsernes T-Rohr, von etwa 1,5 Mm. Lumen, wird gegenüber der Kreuzungsstelle mit einer mässig weit aufgeblasenen Oeffnung *a* versehen. Das Längsrohr *b* ist U-förmig gebogen und soweit mit Quecksilber gefüllt, dass dessen Kuppe *e* in das Lumen des Querrohres *c* hineinragt. Das eine Ende ist mittelst Kautschukschlauches mit einer Mariotte'schen Flasche verbunden, welche verdünnten Alkohol enthält, dessen Druckniveau in gleicher Höhe mit dem Loche *a* bleibt. Ein Schlauchhahn regulirt den Zufluss zum Querrohre, von dessen anderem Ende ein langer, enger Schlauch die Spülflüssigkeit herableitet.

Figur 2.



Dieses Saugrohr beschleunigt den Strom, und zieht durch die Oeffnung *a* Luftblasen, welche Wirbel erzeugen, und somit die Quecksilberkuppe abfegen helfen. Der Platinstift *g* ist durch die Hülse *f* mit dem als Anker dienenden Querbalken des Relais (und hierdurch mit dem positiven Pole der Kette) leitend verbunden. Doch ist er leicht herauszuziehen. Solche Anordnung gestattet, von der Contactspitze, ohne wesentlichen Zeitverlust, ein etwa anhaftendes Oxydhäutchen abzuwischen.

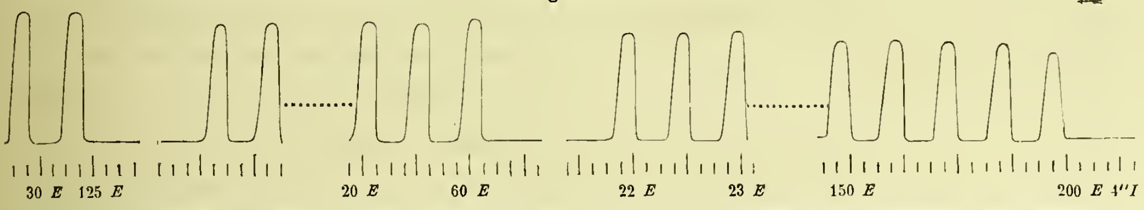
Der Platindraht *d* vermittelt die Leitung zum negativen Pole der Kette, durch die primäre Spirale eines du Bois-Reymond'schen Inductionsapparates zweiter Grösse (secundäre Spirale 10000 Windungen), welcher nach Stromeinheiten (von 10 bis 900) graduirt ist. (Vgl. Untersuchungen aus dem physiol. Laborat. d. Züricher Hochschule, herausgeg. v. A. Fick Wien 1869. S. 38.) Gelang es, vermöge der beschriebenen Hülfsmittel, einen völlig gleichmässigen Schluss des primären Stromkreises zu erzielen, so konnten wir keine aussetzenden Pulse beobachten. Es folgte dann entweder jedem Reize ein Puls, oder die Reize blieben gänzlich effectlos. Minimale Reize waren zugleich maximale. Nur um ein Geringes geschwächt blieben sie unwirksam. — Die unwirksamen Reize scheinen auf das Herz ohne Einfluss zu sein. Daher brauchen, bei Anwendung mässiger Oeffnungsinductionsströme, die Schliessungsschläge nicht abgeblendet zu werden.

Gegen die Annahme: es sei die Ursache für die Unstetigkeit der Reizwirkung nicht in dem thierischen Gebilde, sondern im Apparate gelegen, scheint zu sprechen, dass oft hinreichende Reize in der Folge unfehlbar werden (Bowditch, a. a. O. S. 152),

während doch anzunehmen ist, dass sich der Contact durch die beständig vermehrten Verbrennungsproducte immer verschlechtere. Es gelingt jedoch leicht nachzuweisen, dass die Erregbarkeit des Herzens durch seine Bewegung beträchtlich gesteigert wird, so dass dem geweckten Herzen zuvor unwirksame Reize zur Unterhaltung der Pulsation genügen. Eine Beobachtung, für die sich bereits in den „Versuchen über Herzbewegung" eine Analogie findet. (Hoffa u. Ludwig, Zeitschr. f. rat. Med. 1850. S. 135.)

Ein Herzpuls erleichtert für einige Zeit das Entstehen des nächsten; Herzruhe erschwert die Erregung. Zuweilen sind die Unterschiede der Reizbarkeit vor und nach einigen Pulsationen sehr beträchtlich, wie in dem Versuche, welchem folgende Stücke entnommen sind.

Figur 3.

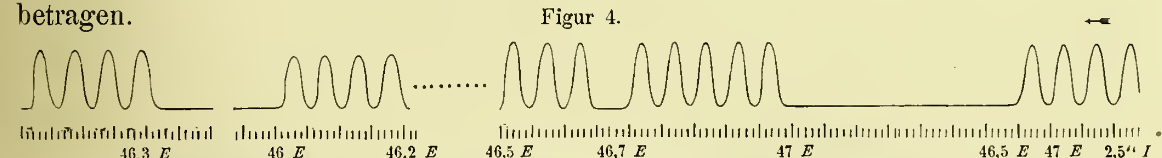


Einen mit Kaninchenserum gefüllten Froschherzventrikel reizen in Intervallen von 4'' Oeffnungsinductionsschläge, deren Intensität durch Verschiebung der secundären Spirale auf der nach Stromeinheiten *E* graduirten Schlittenbahn in bestimmter Weise variabel ist. Die Puncte deuten eine Reihe nicht facsimilirter Pulslinien an, die Unterbrechungen der Abscissenlinie längere Ruhe.

Hier waren anfänglich 200 Stromeinheiten nöthig, um Pulse zu wecken, dann blieben diese nicht aus, wenn der Reiz bis 23 E. sank und cessirten erst bei 22 E., waren später erst wieder durch Stromstärke 60 E. zu erzielen, erhielten sich darauf noch bei 20 E. Für den ersten Puls nach kurzer Ruhe waren 125 E. erforderlich, für den zweiten nur 30 Einheiten.

In den weitaus meisten Fällen aber sind die Differenzen zwischen der Intensität der für das erregte Herz hinreichenden Reize und der auf das ruhende wirksamen sehr klein gewesen: haben oft nur geringe Bruchtheile einer Einheit betragen.

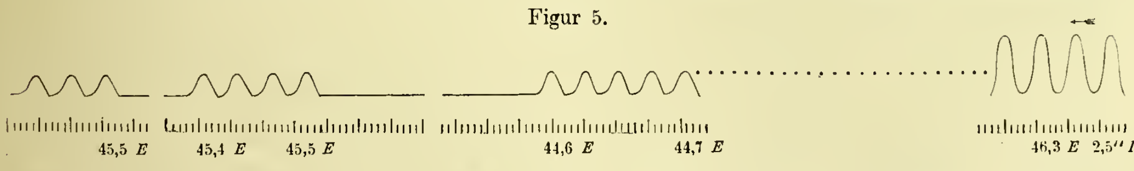
Figur 4.



Reizung der Froschherzkammer in 2,5'' Intervall mit Oeffnungsinductionsschlägen, deren Intensität innerhalb enger Grenzen verändert wird. Die Striche markiren halbe Secunden.

Hier schwankt die Grenze zwischen 46,2 und 46,3 E.; im späteren Verlaufe zwischen 45,4 und 45,5. Es hatte also das Herz an Erregbarkeit gewonnen,

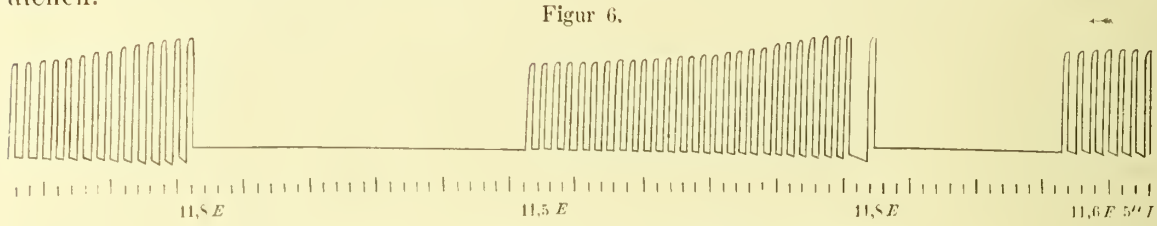
Figur 5.



obgleich die Leistungsfähigkeit (Höhe der Pulse) erheblich gesunken war. Ein Verhalten, das man häufig beobachten kann.

Diese Beispiele lehren, dass die Pulse, ohne Uebergang durch aussetzende, sogleich gänzlich schwinden, wenn der Reiz nur um ein Minimum unter den unfehlbaren sinkt. Hierfür mag noch das folgende continuirliche Curvenstück als Beleg dienen.

Figur 6.



Reizung in 5'' Intervall. Jeder Strich entspricht einem Oeffnungsinductionsschlage

Es lässt sich leicht zeigen, dass es nicht etwa eine eigenthümliche Wirkung des elektrischen Stromes ist, die Erregbarkeit der Herzkammer zu steigern, wodurch zuvor unzureichende Reize unfehlbar werden, sondern dass dies jeder eine Herzbewegung auslösende Antrieb vermag. Auch Herzschläge, durch mechanische Impulse ausgelöst, können minimalen elektrischen Erregungen deren schon eingebüsste Wirksamkeit wiedergeben. In naher Beziehung hierzu steht die beiläufige Beobachtung von Luciani, dass schwache elektrische Reize, welche während der Ruhe des periodisch spontan pulsirenden Herzens unwirksam waren, Erfolg hatten, nachdem die ersten spontanen Pulse der nächsten Gruppe aufgetreten waren (Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig, 1872. S. 183).

Die eigenthümliche Erleichterung, welche ein Puls den nächsten schafft, legt die Vorstellung nahe, dass die Erregung noch eine Weile nachklinge, und während dieser Zeit durch geringe Anstösse über die Schwelle zu bringen sei.

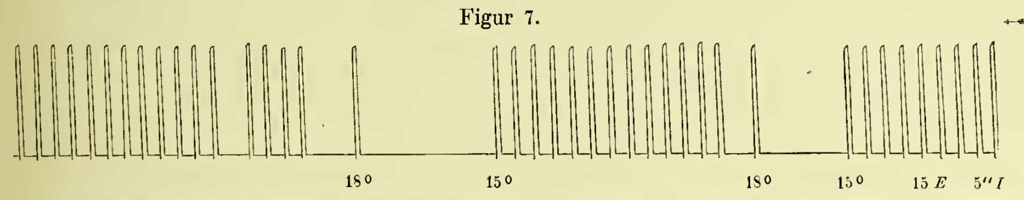
Ein Festtagsbild möge den Vorgang veranschaulichen: Wie eine Glocke durch starke Gewalt sogleich angeläutet werden kann, durch mässige Züge des Glöckners bewegt aber erst allmählich ausgiebiger schwingt, bis endlich der Klöppel gegen die Wand schlägt. Der erste vereinzelte Ton erschallt, dann vielleicht noch einer, und nunmehr klingt das Erz in gemessenem Rhythmus. Und nicht sogleich, wenn ausgeläutet ist, kommt die schwere Masse zur Ruhe. Noch ein oder mehrere Male erreicht der Schwingel den Rand, und schwache, rechtzeitige Anstösse vermögen das Geläute fortzusetzen. Ist aber die nicht oder ungenügend unterstützte Schwingung unwirksam geworden, so rufen erst kräftige Züge am Strange wieder Glockenschläge hervor.

So kann die isolirte Herzkammer durch starke Reize jederzeit zum Pulsschlage gebracht werden. Nur eben hinreichende Anstösse veranlassen häufig nach einem (zuweilen nach wiederholtem) Vorschlage, wie solcher in Figur 6 und 7 zu bemerken ist, eine isarithmische Pulsfolge. Nachdem die Bewegung einmal eingeleitet ist, sind auch Ströme von vorher unzureichender Intensität fähig, die Pulsationen zu

unterhalten. Ist aber auch hierfür der Antrieb zu schwach, so wird die Molecularbewegung sogleich, oder nach einigen Pulsen unmerklich. — Bis hierher stimmt der Vergleich. — Das Herz ist aber ein lebendes Gebilde von wandelbaren Eigenschaften. Kleine Anlässe bringen oft erhebliche Veränderungen im Gefüge hervor.

Die Beweglichkeit des Muskelplasma und des Nervenmarks wird wesentlich beeinflusst durch die Temperatur des Organs, Beschaffenheit der umgebenden Flüssigkeit, und demzufolge auch durch die stoffändernde und erwärmende Thätigkeit selbst. Als Wirkung dieses letzten Factors hatten wir schon oben zu bemerken, dass die Herzkammer im Verlaufe ihrer Arbeit leichter erregbar wird. Allgemach erst verliert der Ventrikel wieder seine grössere Beweglichkeit, so dass er gegen Ende seines Lebens nur noch bei Anwendung starker Reize functionirt. — Auch mit der Temperatur wächst innerhalb mässiger Grenzen die Erregbarkeit des Herzens. Daher kann man einen unzureichenden Reiz dadurch wirksam machen, dass man das Herz erwärmt. Die Vorgänge folgen dann genau so, wie bei Verstärkung der Reize.

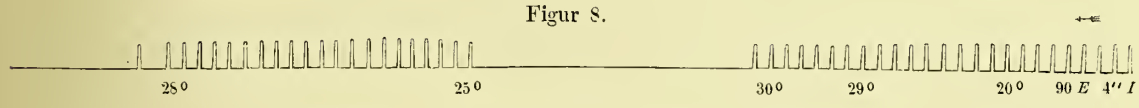
Figur 7.



Froschherzkammer mit Oeffnungsinductionsschlägen von gleichbleibender Intensität (14 Einheiten) in Intervallen von 5′ gereizt, während die Temperatur des Serumbades zwischen 15° und 18° variirt wird.

In dem auf etwa 25° erwärmten Serum scheint das Herz den Höhepunkt seiner Beweglichkeit zu erreichen. Stärker erhitzt wird es unempfindlicher, kann aber abgekühlt seine leichte Reizempfänglichkeit wieder gewinnen.

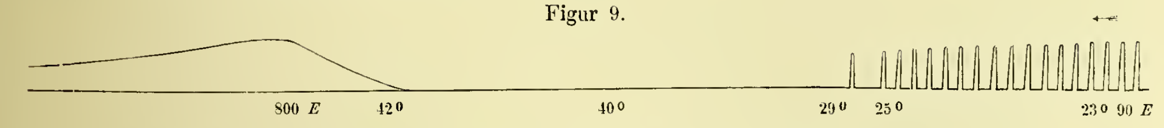
Figur 8.



Froschherzkammer mit Oeffnungsschlägen von gleicher Intensität (90 Einheiten) in Intervallen von 4″ gereizt, während die Temperatur des Serumbades zwischen 20° und 30° variirt wird.

Erhöht man die Temperatur des Ventrikels bis 42°, so wird er wärmestarr: verliert seine Erregbarkeit völlig und dauernd.

Figur 9.



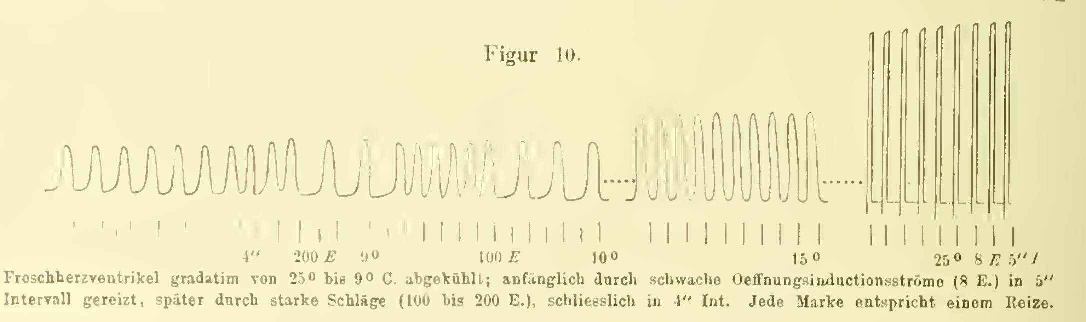
Froschherzkammer durch Oeffnungsinductionsschläge von 90 E. Intensität in 4″ Intervall gereizt; während das Bad von 23° auf 42° erwärmt wird. Schliesslich, während des Wärmetonus, Reizung durch Ströme von 800 E.

Wird ein kühles Herz schnell erwärmt, so geräth es wohl auch schon bei 30° in letalen Wärmetonus. In welcher Weise die Form der Pulscurve eines

erwärmten Herzens sich von derjenigen eines abgekühlten unterscheidet, hat Cyon (Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig, 1866. S. 101) und später ausführlich Luciani (a. a. O. S. 166) erörtert. Ein frisches, warmes (23°—27°) Herz contrahirt sich sehr schnell, und ebenso geschieht seine Erschlaffung so plötzlich, dass die im Manometer sinkende Quecksilbersäule, nicht verzögert durch den Widerstand der Ventrikelwandung, noch mit beträchtlicher Geschwindigkeit die Gleichgewichtslage passirt, und nunmehr die Herzmusculatur „überdehnt", wie ich es bei frischen Skelettmuskeln beobachtet habe (Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig, 1871. S. 252). Die Pulse des auf 15° abgekühlten Herzens sind niedriger und langsamer. Sinkt die Temperatur auf etwa 10°, so wird nicht nur die Pulswelle flacher und länger, sondern es verlieren nunmehr schwache Reize ihre Unfehlbarkeit. Der Herzschlag wird regelmässig aussetzend.

Nur jeder zweite der in 4″ oder auch 5″ Intervall den Ventrikel treffenden Reize wird beantwortet. Stärkere Schläge erzwingen wohl isarithmische Pulse; diese weichen aber wieder dem Rhythmus $\frac{1}{2}$, wenn die Wärme ferner gemindert wird. Auch jetzt kann beträchtlich vermehrte Reizgewalt dem Herzen unausgesetzte Folge abnöthigen, aber nur für kurze Zeit.

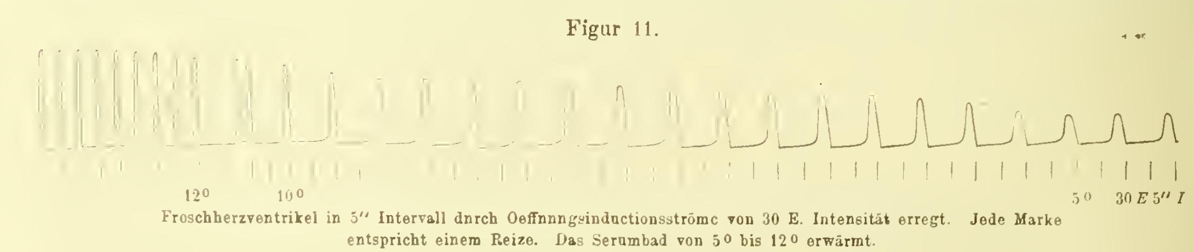
Figur 10.



Froschherzventrikel gradatim von 25° bis 9° C. abgekühlt; anfänglich durch schwache Oeffnungsinductionsströme (8 E.) in 5″ Intervall gereizt, später durch starke Schläge (100 bis 200 E.), schliesslich in 4″ Int. Jede Marke entspricht einem Reize.

Bei dem Reiztempo von 12 pro Minute reagirt das Herz auf jeden zweiten, selbst schwachen Stoss (30 E.) willig, auch wenn die Temperatur bis 5° gesunken ist. Die Pulse sind dabei nicht so flach, als da, wo von dem kalten Herzen widrig hohe Pulsfrequenz erzwungen wird. Mit der Wärme wächst Höhe und Steilheit der Welle. Bei 11°—12° gewinnen die Pulse den Rhythmus der Reize wieder.

Figur 11.



Froschherzventrikel in 5″ Intervall durch Oeffnungsinductionsströme von 30 E. Intensität erregt. Jede Marke entspricht einem Reize. Das Serumbad von 5° bis 12° erwärmt.

Die bisherigen Erfahrungen liessen die Frage offen, ob das abgekühlte Herz deshalb erst nach jedem zweiten Reize eine Contraction ausführe, weil es zweier

summirten Anstösse bedürfe, oder ob der erste Reiz nur darum spurlos vorübergehe, weil er das träge Organ noch nicht pulsbereit finde, der zweite aber für sich wirksam sei.

Wir haben gesehen, dass es schon mit schwachen Strömen gelang, die halbe Anzahl Pulse zu wecken, und dass erst sehr beträchtlich intensivere Stösse regelmässige Folge hatten. Dies schien die zweite der oben erwogenen Möglichkeiten wahrscheinlich zu machen. Andererseits sahen wir aber auch bei schnellerem Reiztempo (4″) jedem zweiten Stosse einen Puls folgen. Dies schien für die erste Alternative ins Gewicht zu fallen.

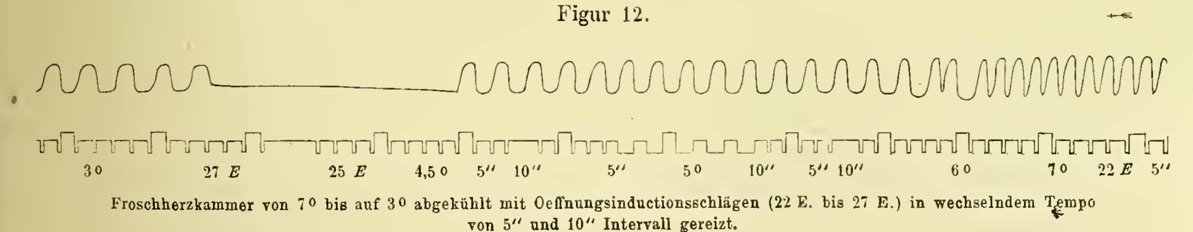
Für die zweite Ansicht entschied folgendes Resultat mehrerer Beobachtungsreihen:

Je kühler das Herz wird, desto langsamer wird seine Bewegung, desto seltener werden die Pulse, welche es auszuführen geneigt ist. Werden die Contractionen vom Herzen in Zeitintervallen verlangt, welche grösser sind, als die seinem jeweiligen Beweglichkeitszustande entsprechenden Pulsperioden, so lösen verhältnissmässig schwache Reize unfehlbar Zusammenziehungen aus; treffen mässige Antriebe das Herz vor Beendigung seiner Pulsperiode, so bleiben sie effectlos.

Es ist also für ein kaltes Herz, dessen Pulsperiode länger als 5″ ist, ganz gleichgültig, ob es in 5″ oder 10″ Intervall gereizt wird; es contrahirt sich alle 10″: also auf jeden Impuls, oder auf jeden zweiten, je nach der Frequenz der Stösse.

Bedient man sich minimaler Reize, so bemerkt man dabei, dass die schon erwähnte Abnahme der Erregbarkeit mit der Temperatur auch unterhalb der früher betrachteten Grenzen immer weiter geht. Die zuvor hinreichenden Reize werden unwirksam. Von den verstärkten Inductionsschlägen erzeugt wiederum jeder zweite einen Puls.

Figur 12.



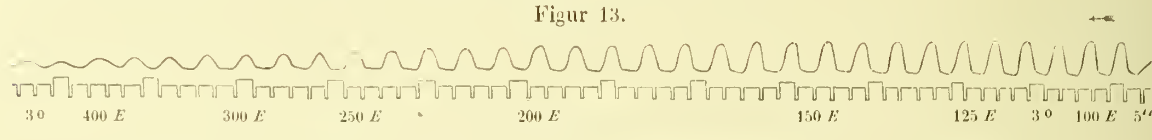
Froschherzkammer von 7° bis auf 3° abgekühlt mit Oeffnungsinductionsschlägen (22 E. bis 27 E.) in wechselndem Tempo von 5″ und 10″ Intervall gereizt.

Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass die Reizstärken, welche für verschiedene Herzen unfehlbar sind, sehr verschieden ausfallen; ebenso, dass die angegebenen Stromeinheiten nicht die Bedeutung absoluter Grössen beanspruchen, weil die zwei Grove'schen Elemente in dem primären Kreise des Inductionsapparates nicht vor jedem Versuche mit frischen Säuren gefüllt sind, also auch

nicht immer Ströme von gleicher Intensität liefern. Nur die Verhältnisse der Reizintensitäten innerhalb einer Versuchsreihe sind als constant anzusehen, werden also durch die Angaben der Stromeinheiten ziemlich genau präcisirt. Um von der absoluten Stärke unserer Stromeinheiten einen ungefähren Begriff zu geben, bitte ich zu erwägen, dass 1000 Einheiten die maximale Intensität eines Inductionsstromes bezeichnen, welchen man vermöge eines grössten (secundäre Spirale von 11000 Windungen), mit zwei Grove'schen Elementen bespannten Schlitteninductorium erzielen kann, und dass unser Apparat Inductionsschläge von 70 Einheiten abgibt, wenn der Anfang der secundären Rolle am Ende der primären steht.

Dasselbe Herz, welches das Original für Figur 12 geliefert hatte, zeichnete auf + 3° erkältet die in Figur 13 facsimilirte Curve, und behielt sein Schlagtempo von 6 pro Minute bei, obwohl die Reize doppelter Frequenz bis zu ganz ungewöhnlicher Stärke gesteigert wurden. Die starken Inductionsströme schädigten die Herzkammer so, dass deren Pulse bald sehr flach wurden.

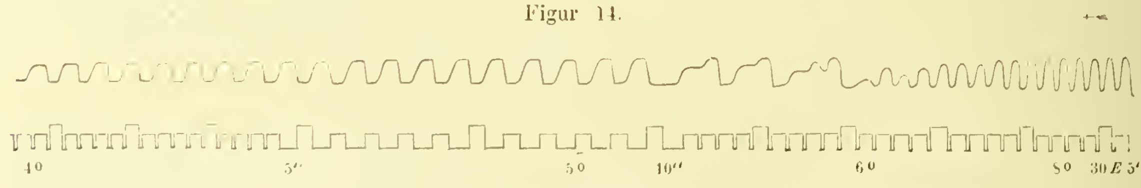
Figur 13.



Froschherzkammer, auf 3° abgekühlt in Intervallen von 5'' mit Oeffnungsinductionsschlägen von 100 bis 400 Einheiten gereizt.

Zuweilen geräth eine Herzkammer, welche schnell gekühlt den ziemlich starken Reizen nicht folgen kann, in convulsive, von Ruhepausen unterbrochene Contractionen, die ganz das Ansehen von dikroten und trikroten Pulsen tragen, und bei angemessen moderirtem Reiztempo sogleich in reguläre, seltenere Einzelpulse sich lösen. Diese bleiben dann bestehen, wenn auch die Reize wiederum die frühere Frequenz erhalten.

Figur 14.



Froschherzkammer von 8° auf 1° gekühlt, mit Oeffnungsinductionsströmen von 30 Einheiten in 5'' und 10'' Intervall gereizt.

Erniedrigt man die Temperatur bis nahe an 0°, so reagirt das Herz häufig erst auf den dritten der in 5 Secunden Intervall gegebenen Reize. Von den Reizen in 10 Secunden Intervall beantwortet es jeden zweiten, bei Reizung in 15 Secunden Intervall einen jeden.

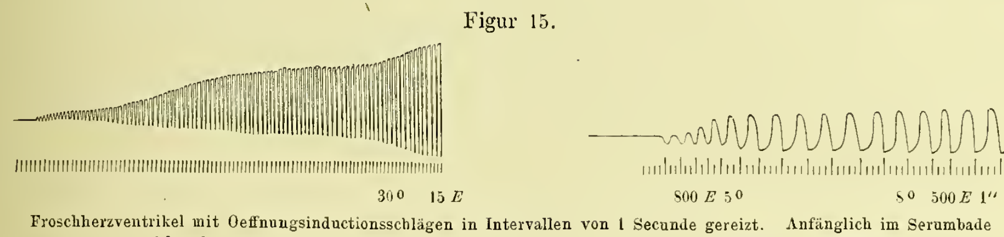
Da auch in diesem Falle die Dauer einer ausserordentlich verlangsamten Herzcontraction doch nicht mehr als etwa 8 Secunden beträgt, so muss man annehmen, dass das abgekühlte Herz nicht sogleich nach vollbrachter Zuckung wieder

contractionsfähig ist, oder, um im obigen Gleichniss zu reden, dass eine Schwingung der aus der Gleichgewichtslage gebrachten Molekeln in der zähkalten Masse länger währt, als die sichtbare Bewegung.

Um die Dauer der dem Herzen zwischen zwei Schlägen nothwendigen Ruhe, oder mit anderen Worten den ihm adäquaten Pulsrhythmus zu finden, kann man entweder das Reizintervall suchen, welches gerade noch unfehlbar wirkt, oder das Herz durch so schnell folgende Reize treffen, dass die Dauer des Intervalles nicht in Betracht kommt, und die Pulsfrequenz bestimmen.

Wird ein bedeutend abgekühlter Froschherzventrikel mit starken, relativ sehr frequenten Reizen (1″ Intervall) behandelt, so schlägt er in möglichst raschem, häufig ganz regulärem Tempo (10—9 Mal pro Minute), der Art, dass er nur auf jeden sechsten oder siebenten Reiz antwortet. Beträchtlich erwärmt (20°—30°) folgt er willig auch schwachen Reizen im beschleunigten Tempo (1″), selbst wenn ihm dieses nicht gestattet, seine Diastolen zu vollenden.

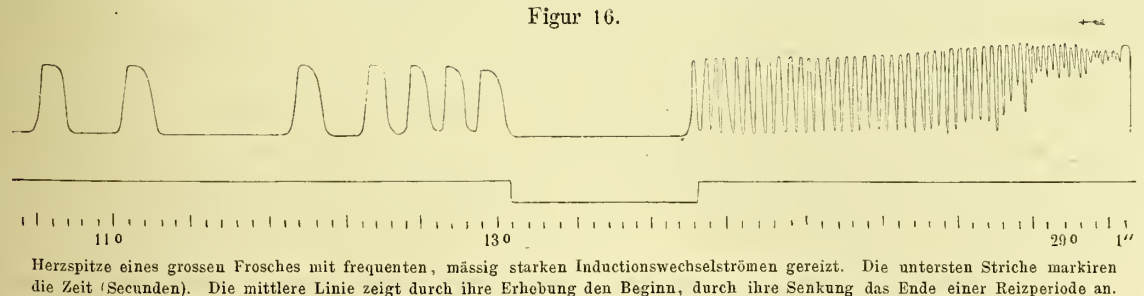
Figur 15.



Froschherzventrikel mit Oeffnungsinductionsschlägen in Intervallen von 1 Secunde gereizt. Anfänglich im Serumbade von 8°–5°. Reizstärke 500–800 Einheiten. Später auf 30° erwärmt. Reizstärke 15 Einheiten.

Lässt man die intermittirenden Reize, welche ein Inductionsapparat mit möglichst schnell und gleichmässig vibrirendem Wagner'schen Hammer aussendet, auf den Ventrikel wirken, so erhält man Resultate, welche mit der Reizstärke und der Temperatur wechseln. Ein sehr bewegliches (über 20° warmes) Herz von mässig starken Reizen getroffen, beginnt seine Thätigkeit sofort mit einer seinem Leistungsvermögen entsprechenden, einfachen Systole, welche nur ein wenig länger auf der Höhe verharrt, als eine isolirte des ebenso warmen Herzens. Darauf erschlafft es

Figur 16.



Herzspitze eines grossen Frosches mit frequenten, mässig starken Inductionswechselströmen gereizt. Die untersten Striche markiren die Zeit (Secunden). Die mittlere Linie zeigt durch ihre Erhebung den Beginn, durch ihre Senkung das Ende einer Reizperiode an. Die Temperatur des Serumbades betrug während der ersten Periode 29°, während der zweiten 13°–11°.

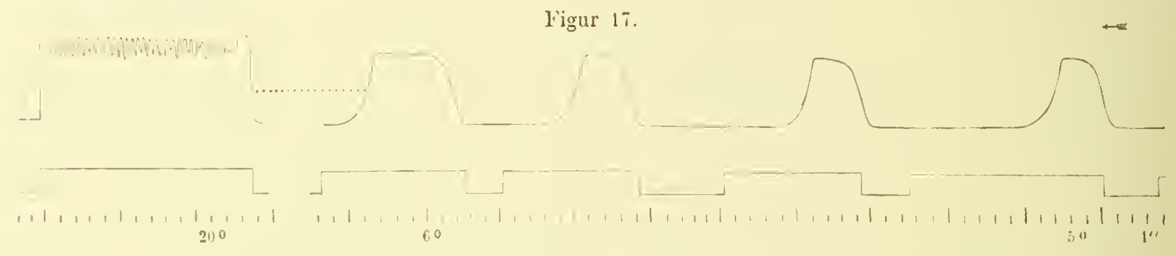
ein wenig, um hiernach eine Reihe sehr häufiger, unvollkommener, allmählich mit immer ausgiebigeren Diastolen versehener Pulsationen auszuführen.

Lässt man auf die warme Herzkammer viele Minuten lang den Reiz fortwirken, so werden die Pulse gänzlich separat, endlich distant, wohl auch unregelmässig gruppirt, natürlich gleichzeitig niedriger, und zwar um so schneller, je frequenter sie sind. Schwache Reize haben gleich beim Beginn denselben Effect, wie starke in der Folge.

Der mässig abgekühlte Herzventrikel reagirt auf mittelstarke Reize mit einer Anzahl bald sehr seltener Pulse, die an Form und Grösse solchen durch Einzelreize von analogen Herzen erhaltenen völlig gleichen.

Wird die beträchtlich abgekühlte Herzspitze ziemlich starken Reizen des Tetanomotors dauernd ausgesetzt, so bleibt sie nach wenigen, trägen Zuckungen in Ruhe. Wird ihr dagegen nach mässiger Reizdauer eine kurze Erholung gegönnt, so reagirt sie auf jeden Neubeginn einer Reizperiode mit einfachem, oder wohl auch mit dikrotem Pulse. Wird danach das Herz wieder erwärmt, so erlangt es allmählich wieder seine frühere Beweglichkeit, und vollführt eine Reihe sehr frequenter, unvollkommener Pulse.

Figur 17.

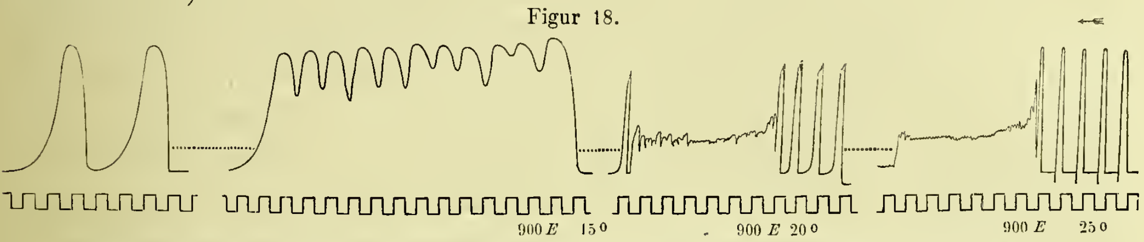


Froschherzspitze mit Wechselströmen des Tetanomotors behandelt. Nach Reizungen von je 8″–12″ Dauer werden ihr Ruhezeiten von 3″–5″ gegönnt, während sie allmählich von 5° auf 6°, schliesslich auf 20° erwärmt wird.

Inductionswechselströme von so grosser Intensität, als sie überhaupt mit unseren Vorrichtungen zu erreichen sind, bringen das frische, an den Apparat befestigte (nicht abgekühlte) Herz keineswegs zu höherer Contraction, als die schwächeren Reize, sondern es fällt im Gegentheil die Curve von der Höhe der ersten Systole weiter herab, als es bei den bisher betrachteten Kardiogrammen zu bemerken war. Von diesem niedrigen Stande (häufig etwa halber Höhe des einfachen Pulses) sinkt die zitterig verlaufende Curve noch beträchtlich, wird bei längerer Reizdauer etwas stärker gezähnelt, bis endlich unvollkommene Pulse deutlich hervortreten und allmählich zu vollkommenen sich sondern. Die Curven stärkster Erregung durch Wechselströme sind einander ziemlich analog, ob das Herz seine Ligatur unter dem Sulcus trägt oder höher, ob es bei mässiger Zimmerwärme oder auf 30° erhitzt sich contrahirt. Wird es unter 15° gekühlt, so erhalten die unter dem Einflusse der erwähnten starken Ströme gewonnenen Curven eine Gestalt, welche derjenigen mässig erregter Herzen ähnlich ist. Die Systolenkuppen werden dabei mit abnehmender Temperatur breiter, ganz entsprechend der Form der bald nachher vollführten Einzelpulse.

Die von Figur 18 dargestellten Curvenabschnitte sind der Zeichnung einer Herzkammer entnommen, welche noch mit einem Theile seiner Vorhöfe versehen, von blutiger Kochsalzlösung durchspült, spontan, rhythmisch pulsirte (vgl. Rossbach, Ueber die Umwandlung der periodisch aussetzenden Schlagfolge des isolirten Froschherzens in die rhythmische. Ber. d. math.-phys. Cl. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. 1874. S. 197).

Figur 18.



Froschherz, mit Ligatur um die Vorhöfe versehen (rhythmisch pulsirend), von blutiger Kochsalzlösung durchspült, mit stärksten Inductionswechselströmen (900 E.) gereizt. Kochsalzwasserbad verschieden temperirt. Der Zähler markirt Secunden.

Betrachtet man das Herz im durchsichtigen Bade, während der stärksten Reizung, so bemerkt man tumultuarische peristaltische Bewegung des Ventrikels, in der Weise, wie es R. Heidenhain (Müller's Archiv 1858. S. 493) beschrieben hat. Dieser Forscher aber „sah in manchen Fällen den Ventrikel in eine vollkommen stetige, tonische Contraction gerathen, in einen exquisiten Tetanus.“

Auch Eduard Weber (Artikel Muskelbewegung im Wagner'schen Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. II. S. 35) hatte bereits beobachtet, dass das Herz mittelst des Rotationsapparates in anhaltenden tonischen Krampf versetzt werde, aus dem es erst allmählich zur rhythmischen Bewegung zurückkehrt.

Ludwig dagegen und in Uebereinstimmung mit ihm Eckhard geben an, dass das Herz in seiner Gesammtheit nicht tetanisirt werden könne: Es werden unter dem Einflusse des Elektromotors die Herzschläge sehr beschleunigt, aber dann „wird jeder einzelne derselben so schwach, dass sich trotz seiner unzählbaren Schlagfolge das Herz immer weiter ausdehnt, bis es endlich stillsteht. Auf diese Weise gelingt es leicht, ein Thier zu tödten“ (Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. 2. Auflage. S. 92 und 91).

Goltz tritt für die Existenz eines „wahren Herztetanus“ wieder lebhaft ein (Virchow's Archiv Bd. XXIII. 1868. S. 493). Er sagt: „Verlangt man von dem Herztetanus, dass er die chronisch gewordene normale Form der Systole darstellt, so durfte allerdings den längst bekannten Formen von Tetanus ihre Legitimation als solche bestritten werden“ . . . denn in Folge elektrischer oder mechanischer Reizung „bemerkt man kaum jemals wirklichen, absoluten Ruhezustand, sondern gewöhnlich sieht man noch hier und da fibrilläre unregelmässige Zuckungen.“ „Nichtsdestoweniger stellen alle diese Formen meiner Ansicht nach einen wirklichen, echten, durch Reizung von Centralorganen bedingten Tetanus dar, und ihre

Unregelmässigkeit erklärt sich hinreichend aus der Ungleichmässigkeit der angewandten Reize" (a. a. O. S. 496). „Man hat von vielen Seiten dadurch Tetanus zu erzeugen gedacht, dass man die Frequenz der Pulsation steigerte. So hoffte man einen Zustand zu erzielen, bei dem der Wechsel zwischen Systole und Diastole nicht mehr sichtbar sei und ein dauernder, systolischer Krampf sich darstelle." . . . „Ich halte diese Vorstellung für verfehlt. Der Tetanus des Herzens tritt sogleich als tonischer, gleichmässiger Krampf auf, der einer Steigerung bis zur vollständigen Feststellung in äusserster Contraction fähig ist. Beim Nachlass des äussersten Tetanus hat man nicht enorme Frequenz der rhythmischen Bewegungen, sondern lediglich zunehmende Formdifferenz zwischen Systole und Diastole bei normalem Tempo." „Die längst vermisste Methode, einen allgemeinen, gleichmässigen, einer chronischen normalen Systole entsprechenden Tetanus des Ventrikels herzustellen," besteht nach der Entdeckung von Goltz darin, dass man den Froschherzventrikel mittelst eingetriebenen Blutes vorübergehend, gewaltsam, „übermässig" ausdehnt.

In Figur 9 hatten wir schon eine durch starke Erwärmung hervorgerufene, lange, tonische Herzcontraction aufgezeichnet gesehen. Solche Wärmestarre hat auch Luciani beschrieben (a. a. O. S. 171 u. 172) und vor ihm wohl schon mancher Physiologe beobachtet. Aehnliche Zusammenziehung erleiden manchmal durch Atropin vergiftete Froschherzen, ohne durch solchen Krampf wesentlich geschädigt zu werden (Luciani a. a. O. S. 188, Fig. 36). Ihm folgen Pulse, deren Diastolen anfangs unvollkommen sind, erst allmählich ausgebildet erscheinen. Auch von frischem arteriellen Blute durchspülte Froschherzen gerathen zuweilen spontan in tonischen Krampf (Rossbach a. a. O. S. 200).

Sind wir berechtigt, alle diese Zustände mit dem Namen Tetanus zu bezeichnen?

E. du Bois-Reymond hat das „Tetanisiren auf elektrischem Wege zuerst (1842) in die Erforschung der Muskelzusammenziehung eingeführt, als Mittel, „um die Flüchtigkeit ihrer Erscheinungen zu fesseln und Aufschlüsse zu erhalten, welche eine vereinzelte Zuckung unmöglich gewähren konnte" (Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. S. 39). E. Weber ist es (1846) gelungen, mit Hülfe des magnetogalvanischen Rotationsapparates „längere Zeit dauernde Muskelzusammenziehungen zu erzeugen und zwar in gleicher Vollkommenheit, als wir sie auf natürlichem Wege durch den Einfluss des Willens oder im Starrkrampfe entstehen sehen." „Wenn man die galvanischen Stösse, die man einem Muskel oder dessen Nerven mittheilt, so rasch auf einander folgen lässt, dass die dadurch erregten Muskelzusammenziehungen trotz ihrer kurzen Dauer sich so vollkommnn an einander anschliessen, dass die nachfolgende schon beginnt, ehe die vorhergehende aufgehört hat, so wird die Zusammenziehung der Muskeln anhaltend und so vollkommen stetig, dass nicht einmal mit dem Mikroskope Bewegungen und Er-

zitterungen einzelner Muskelfasern während ihrer Dauer wahrgenommen werden können." „Aber auch durch andere als galvanische Hülfsmittel, z. B. durch mechanische Reize, kann man fortdauernde Contractionen der Muskeln erregen, wenn man nur die Zuckungen erregenden Einwirkungen rasch genug auf einander folgen lässt" (a. a. O. S. 11 u. 12). — E. du Bois-Reymond definirt den Tetanus in folgender Weise: „Der Tetanus auf elektrischem Wege ist discontinuirlich." „Die fortwährenden Zuckungen des zweiten (secundär erregten) Muskels, deren jede nothwendig einer Schwankung des Stromes des ersteren entsprechen muss, zeigen, dass die scheinbar noch so stetige Zusammenziehung desselben aus einer unzusammenhängenden Reihe von häufig wiederkehrenden, äusserst schnellen Wirkungen besteht." „Es ist überhaupt fraglich, ob irgend eine anscheinend stetige Zusammenziehung wirklich continuirlicher Art sei, oder nicht, gleich der elektrischen, aus einer schnell auf einander folgenden Reihe augenblicklicher Wirkungen sich zusammensetze. Es ist anzunehmen, dass auch beim schnellsten Drehen (des Unterbrechungsrades) einer jeden Oeffnung und Schliessung der primären Kette, wie ein Inductionsstrom, so auch ein Stoss entsprechen mag" (a. a. O. Bd. II. S. 89 u. 90).

Dieser Anschauung schliesst sich Helmholtz an (Müller's Archiv 1850. S. 277) und betrachtet ebenfalls „andauernde Zusammenziehungen des Muskels als eine Reihe so schnell sich folgender, einfacher Zuckungen, dass jede vorhergehende beim Eintritt der folgenden noch nicht merklich nachgelassen hat." Er hat später das Gesetz aufgestellt, nach welchem durch Summation der Einzelzuckungen die tetanische Verkürzung erfolgt (Monatsberichte d. Berliner Akad. d. Wissenschaften 1854, Juni).

Aus den mitgetheilten Auseinandersetzungen erhellt deutlich, dass die Begründer der Muskelphysiologie mit dem Namen Tetanus (nach Analogie des Krankheitsbegriffes) einen Zustand des Muskels bezeichnen wollten, welcher durch Superposition mehrerer Anstösse gleichmässig erhalten wird. Nicht die absolute Dauer der Zusammenziehung entscheidet darüber, ob sie für einfach oder tetanisch zu halten sei, sondern die experimentelle Zerlegung in Einzelzuckungen: wenn der Tetanus durch elektrische Reizung erzeugt ist, oder die Analyse des nicht zerlegbaren Krampfes mittelst stromprüfenden Galvanometers oder Nerv-Muskelpräparates. Wir werden nicht im Zweifel darüber sein, dass eine Zusammenziehung des Gastrocnemius von einer halben Secunde Dauer tetanisch sei, sobald wir nachweisen können, dass sie höher und länger ist, als eine der einfachen Zuckungen, deren schnelle Folge sie continuirlich gemacht hat, oder dass sie einen secundären Tetanus an normalem Muskel auslöse, dessen Dauer grösser ist, als diejenige einfacher Zuckung. Wir werden dagegen Zuckungen, wie sie stark abgekühlte (Marey, Mouvement dans les fonctions de la vie 1868. S. 346) oder mit Veratrin vergiftete (Fick und Böhm, Arbeiten aus dem physiologischen Laboratorium der Würzburger Hochschule.

1872. S. 154) Muskeln geben, von einer halben Secunde und längerer Dauer als einfache anzusprechen haben, wenn wir nicht im Stande sind, den „oscillatorischen Charakter" derselben nachzuweisen.

Der Herzpuls ist mit Hülfe des physiologischen Rheoskops als eine einfache Zusammenziehung erkannt worden (Kölliker und H. Müller, Sitzungsberichte der physiol.-medicin. Gesellschaft in Würzburg. Bd. 7. Heft II. 1856, Marey, Journal de l'anatomie et de la physiologie. 1866. S. 403). Man kann die Dauer solcher einfachen Froschherzkammercontraction unter dem Einflusse der Abkühlung ganz allmählich von einer halben Secunde bis 5 Secunden und mehr wachsen sehen. Die lange Zuckung des trägen, kalten Herzens ist zugleich sehr niedrig. Weshalb sollen nicht Gifte, wie extreme elektrische, thermische und mechanische Insulte ebenfalls die Zuckung abnorm verlängern, ohne dass diese darum den Charakter als Tetanus zu beanspruchen hätte? — Zumal dieselbe nicht wesentlich höher ist, als eine benachbarte erweislich einfache.

Die graphisch dargestellte Wärmestarre (Figur 7) und die bei Luciani angegebenen maximalen Höhen solcher Contractionen (a. a. O. S. 171 u. 172) erreichen nicht die Höhen einfacher Pulse; ebenso blieb der maximale Werth der Erhebung, welche Luciani in Folge von Atropinvergiftung eintreten sah (a. a. O. S. 188), unter demjenigen vorhergehender und nachfolgender Contractionen. Schmiedeberg hat in der Abhandlung, welche diesen Band zu schliessen bestimmt ist, eine Entdeckung mitgetheilt, welche die bisherigen Beweisgründe für das Fehlen eines Herztetanus in gewichtiger Weise zu bekräftigen geeignet ist: Das Digitalin bringt das Herz zur Contraction, welche aber nur darum dauernd ist, weil der veränderte Aggregatzustand des Herzens dessen Ausdehnung erschwert. Es verhält sich somit der vergiftete Ventrikel wie ein übermässig ermüdeter Muskel, welcher nach meinen Erfahrungen „mit teigiger Zähigkeit die einmal angenommene Form bewahrt". (Arb. aus der physiol. Anst. zu Leipzig. 1871. S. 258).

Wie aber sind die anhaltenden Zusammenziehungen des Herzens zu erklären, welche bei Einwirkung elektrischer Wechselströme, also unter gleichen Bedingungen, wie die an Skelettmuskeln gewonnenen Tetani, beobachtet worden sind?

E. Weber (a. a. O. S. 35 und 36) hat gesehen, dass das Froschherz, nachdem es „einige Secunden" der Wirkung starker Ströme des Rotationsapparates ausgesetzt worden, „sich allmählich dauernd zusammenzieht", „so dass die zusammengezogenen Stellen (um die sehr genäherten Elektroden) keinen Antheil mehr an der rhythmischen Bewegung nehmen." Der gereizte Herztheil „verharrt auch nach Unterbrechung des Stromes in diesem Zustande lange Zeit völlig bewegungslos, und erst sehr spät und sehr allmählich kehren, indem sich der tonische Krampf endlich verliert, die rhythmischen Bewegungen desselben zurück."

Hoffa und Ludwig (Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin. 1850. S. 129) betonen, dass „die kräftigsten elektrischen Reize nicht im Stande sind, das Herz in allgemeinen Tetanus zu versetzen.“ Bei recht reizbaren Herzen bildet sich zwischen den auf das Herz gesetzten Poldräthen „eine kleine blasse Erhebung.“ „Ausserhalb dieser Stelle geräth das Herz in ausserordentlich rasche, ganz unregelmässige Bewegungen von sehr geringer Intensität.“ „Die einzelnen anatomischen Elemente lösen sich aus ihren Beziehungen zu einander und geben die Gleichzeitigkeit ihrer Contraction auf. Hierdurch erzeugt sich in Bezug auf Rhythmus und Intensität ein Wirrwarr . . . während dessen sich das Herz ganz auffallend vergrössert und mit Blut füllt. Diese Bewegungen überdauern immer den Reiz und zwar um so länger, je anhaltender er eingewirkt hatte.“ „Endlich treten mehr und mehr Theile aus ihrer raschen Bewegung in den Zustand der vollständigen Ruhe über; ist dann die Pause allgemein geworden, so entsteht plötzlich, nachdem sie kurze Zeit gedauert hat, eine kräftige, allgemeine Herzbewegung, welche den Rhythmus wieder beginnt.“

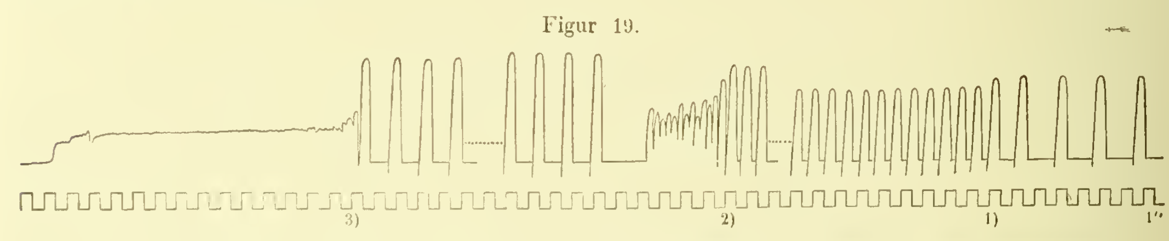
„Durch allmähliches Ueberführen der Dräthe über das ganze Organ“ kann man den intrapolaren Zustand auf das ganze Herz ausdehnen (a. a. O. S. 131). Rossbach nennt diese Veränderung passend eine „Schrumpfung“ (Verhandlungen der Würzburger phys.-med. Gesellschaft. N. F. Bd. V. S. 189), welche „als unmittelbare Nachwirkung örtlicher, mechanischer oder elektrischer Reizung der Froschherzkammer auftritt.“ „Die geschrumpfte Partie übt keine Thätigkeit mehr aus und ist ihrer lebenden Eigenschaften bleibend beraubt.“ Sie befalle nur das vom Reiz unmittelbar getroffene Stück der Muskelfaser. Aehnliches könne man an Herzen wahrnehmen, welche mit Ecbolin vergiftet sind (a. a. O. Bd. VI. S. 24).

Eine hiervon abweichende Deutung hat Heidenhain (in Müller's Archiv 1858. S. 493) seinen im Wesentlichen analogen Beobachtungen am elektrisirten Froschherzen gegeben. Intensive Inductionsströme des Magnetelektromotors brachten den Ventrikel „in eine flimmernde, zitternde, wogende Bewegung“, die Heidenhain „als einen tumultuarischen Tetanus“ bezeichnen möchte. „In manchen Fällen sah er den Ventrikel in eine vollkommen stetige, tonische Contraction gerathen, in einen exquisiten Tetanus.“ Danach könne er der Behauptung Eckhard's, das Herz kenne keinen Tetanus, nicht beipflichten.

Die graphische Methode, welche Ludwig auch in dieses Gebiet der physiologischen Forschung eingeführt hat (Arb. aus d. phys. Anst. zu Leipzig. 1866. S. 80) bot uns die Mittel, den mechanischen Effect der Contraction des isolirten Herzens zu messen. Jetzt erst vermochte man zu entscheiden, was man aus dem Betrachten des Organs nur vermuthen konnte, dass die sogenannte tetanische Herzcontraction die Flüssigkeitssäule im Manometer weniger hoch fördert, als der einfache Puls.

Die Kardiogramme mit Wechselströmen gereizter Froschherzen lehren, dass 1) in dem Masse, wie bei schwach wirksamen Reizen die Pulsfrequenz wächst, auch die Pulshöhen kleiner werden, 2) unter dem Einflusse mässig starker Reize die sehr häufigen Pulse unvollkommen verschmelzen, aber nicht etwa gleich den Zuckungen selbst incomplet tetanisirte Skelettmuskeln ihren mechanischen Effect summiren, sondern die Flüssigkeitssäule nur auf dem Stande des einfachen systolischen Höhepunctes, häufig sogar nur unterhalb desselben, innerhalb wechselnder Breiten schwankend zu halten vermögen, dass endlich 3) das Herz-Delirium, welches von stärksten Strömen hervorgerufen wird, dem Manometerschwimmer zwar viele kleine, aber nur schwache Anstösse ertheilt, so dass er zitternd in geringer Höhe über dem diastolischen Stande bleibt. Mit dem Reize hört die Bewegung sogleich auf, und nach Ruhepause von einer Secunde bis einer Minute beginnt das Herz wieder in gewöhnlicher Weise zu pulsiren.

Figur 19.



Froschherz mit Vorhofligatur, bei Zimmertemperatur (etwa 20°), 1) durch schwache Wechselströme, 2) nach neuer Speisung, durch mittelstarke, 3) durch sehr kräftige gereizt. Jeder Zahn und jede Lücke entspricht 1".

Das Aussehen der Curve, welche mässig erregte Herzen schreiben, erinnert mich lebhaft an die Zeichnungen, welche ich (vgl. Die Gesetze der Muskelermüdung. Monatsber. der k. Academ. der Wissensch. zu Berlin. 1870 August. S. 639) zuweilen (im Winter) von schwach (20 Grm.) belasteten, noch unermüdeten Muskeln erhalten habe, die in mässigen Intervallen (4") gereizt maximale Zuckungen ausführten. Es blieben solche Muskeln während der ganzen Zeit zwischen zwei Reizen etwas contrahirt, in seltenen Fällen selbst auf dem Höhepuncte der einfachen Zuckung. Stärkere Belastung (40 Grm.) überwand den Tonus, welcher sich wieder geltend machte, sobald der Gewichtszuschlag wieder entfernt worden war. Mit zunehmender Ermüdung verschwand diese absonderliche Erscheinung.

Der Einwand, es sei nur die Ungleichmässigkeit der tetanischen Contractionen der Muskelelemente, welche den Gesammteffect verdecke, enthält eben die Concession, dass die Zusammenziehung des Herzens nicht analog ist der eines Skelettmuskels, dessen einzelne Fibrillen sich nicht ungleichzeitig contrahiren, wenn das Gesammtorgan tetanisirende Reize treffen. Die Anschauung von Goltz (a. a. O. S. 494) aber, dass die „fibrillären, unregelmässigen Zuckungen" des dauernd elektrisirten Herzens „einen wirklichen, echten, durch Reizung von Centralorganen bedingten

Tetanus darstellen, dessen Unregelmässigkeit sich hinreichend aus der Ungleichmässigkeit der angewandten Reize erkläre", können wir jetzt wenigstens nicht mehr gelten lassen; denn wir haben gesehen, dass der Herzventrikel nicht zu constantem Tetanus gebracht werden kann, auch wenn ihm, anstatt mittelst angesetzter Poldräthe, durch die ihn innen und aussen umspülende Flüssigkeit die gleichmässig gehaltenen Inductionswechselströme zugeführt werden. — Was die Elektricität nicht vermag, gelingt auch anderen Reizmitteln nicht. Von den Giften, wie: Strychnin, welches die Skelettmuskeln zum Reflextetanus bringt, Delphinin, welches (Weyland in Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Phys. Bd. V. 1870. S. 51 u. 68) dieselben in solchen Zustand versetzt, dass ein momentaner Reiz langdauernden Tetanus auslöst, erregt ersteres das Herz gar nicht (Hoffa und Ludwig a. a. O. S. 132), das letztere veranlasst unregelmässige Pulsationen (Bowditch a. a. O. S. 169).

Der heftige mechanische Reiz, welcher durch Aufblasen des Herzens gesetzt wird, erschien Goltz (a. a. O. S. 493), wie schon erwähnt, geeignet, einen wahren Herztetanus zu erzeugen, von welchem sein Autor verlangt, „dass er die chronisch gewordene normale Form der Systole darstellt, und dass er nach einer gewissen Dauer die Wiederkehr des normalen Zustandes gestattet." Dass die Begriffe lange Zuckung und tetanische Contraction nach dem allgemein adoptirten physiologischen Sprachgebrauche sich nicht decken, ist schon ausführlich erörtert. Hier sei nur noch darauf hingewiesen, dass auch die einfache Zuckung des gezerrten Skelettmuskels viel länger ist, als diejenige des normalen (Marey, Mouvement. p. 363).

Es erübrigt nunmehr, noch eine Beobachtungsreihe zu prüfen, welche als gewichtiger Beweis für die Existenz eines „Herztetanus" angezogen werden kann: Der von Luciani (a. a. O. S. 24 ff.) als „tetanischer Anfall des Herzens" beschriebene Bewegungscomplex, welcher sich am isolirten Froschherzen vollzieht, wenn man um dessen Vorhöfe eine neue Ligatur legt, während sein Inhalt (Kaninchenserum) mittelst der Herzcanüle mit dem Quecksilbermanometer communicirt. — Der „Effect des Actes der Ligatur" besteht in einer sofortigen Erhebung der Quecksilbersäule, oft um das Doppelte, bis selbst um das Vierfache zuvor verzeichneter Pulse (a. a. O. S. 25). Auf der Höhe werden vom Schwimmer anfänglich sehr frequente und kleine Pulse verzeichnet, welche allmählich seltener und grösser werden, während der Druck zum alten Werthe herabsinkt. „Mehrfach geben sich auch während des Verlaufes einer Tetanuscurve die Perioden zu erkennen, so dass Einzelcontractionen mit Pausen abwechseln, während die Tetanuscurve ihren stetigen Verlauf nimmt" (a. a. O. Fig. 11). „Die Dauer des Tetanus beträgt zuweilen wenige Secunden, häufiger einige Minuten, bei gleichmässigem Abfall der Curve zur Abscisse." Die Höhe des Tetanus ist desto beträchtlicher, je näher dem Ventrikel die Ligatur angelegt worden, steht aber in keinem bestimmten Verhältnisse zu seiner Dauer. „Löst

man die Ligatur, während der Tetanus noch besteht, so sinkt der Druck sogleich auf den normalen Werth, die Pulse sind wieder ausgiebig, anfangs noch frequent, werden allgemach seltener und gleichzeitig höher. Legt man jetzt um die Vorhöfe oberhalb der entschnürten Stelle eine neue Ligatur, so erhält man keinen Tetanus mehr." Luciani bemerkt ausdrücklich, dass „der Tetanus des Herzens nicht wie ein gewöhnlicher Muskeltetanus aus einzelnen Contractionen sich superponirt." Es scheine „der stetige Contractionszustand von den Einzelpulsen ganz unabhängig zu sein und könne in gewissem Sinne ein Muskeltonus genannt werden."

Dieser Deutung von Luciani, bei dessen sorgfältigen Experimenten ich assistiren durfte, mich anzuschliessen, war ich umsomehr geneigt, als ich auch von Skelettmuskeln einigermassen ähnliche Curven erhalten konnte, wenn ich sie, nach Wundt's Vorschrift (Arch. f. Anat., Phys. etc. von Reichert u. du Bois-Reymond, 1859. S. 549), durch starke constante Ströme in tonische Contractionen versetzt hatte und einfache Inductionsschläge in rhythmischer Folge den entsprechenden Nerven zuführte. Es erschienen auf der Tonuscurve die einfachen Zuckungshöhen aufgesetzt. — Als ich nun aber mit Herrn Dr. Stirling für die Untersuchungen, welche dieser Abhandlung zu Grunde liegen, das Membranventil von der Mariotte'schen Flasche entfernt und durch das beschriebene Hahnsystem ersetzt hatte, änderte sich das Aussehen des „Unterbindungstetanus" in Verdacht erregender Weise. Wenn wir den Herzraum gegen das Druckgefäss durch einen Hahn völlig absperrten, so dass die Flüssigkeit aus dem Ventrikel nur in das Manometer entweichen konnte, und nunmehr eine Ligatur um die Vorhöfe oder Kammer legten, so stieg, wie bei Luciani, sogleich die Quecksilbersäule steil auf, aber sie blieb, nachdem sie nur um ein Weniges sich gesenkt hatte, auf hohem Stande so lange, bis wir den Hahn öffneten, und somit den Druck der Mariotte'schen Flasche das ganze Röhrensystem beherrschen liessen. Hiernach hat es den Anschein, als sei die dauernde Erhebung des diastolischen Druckes in der Versuchsanordnung begründet. Der Vorgang wäre dann folgendermassen zu erklären: Sobald der Ligaturfaden das Herz zu schnüren beginnt, erfolgen möglichst frequente Systolen, welche Vorhöfe und Ventrikel in das Manometer entleeren. Ist nun die Schlinge fest um die Vorhöfe gezogen, so ist das Stück oberhalb der Ligatur nicht mehr wegsam für die während der nächsten Diastole zurückströmende Flüssigkeit. Der somit verkleinerte Herzraum fasst auch im Zustande der Diastole nur einen Theil des zuvor im grösseren Herzabschnitte bewahrten Blutes oder Serum. Der Rest, welcher also im Manometer bleiben muss, ist desto grösser, je mehr der Herzraum beschränkt, je tiefer die Ligatur angelegt worden. Das anfänglich ziemlich schnelle Sinken der Manometersäule wäre wohl durch die Annahme zu erklären, dass die unter der Ligatur gefaltete Vorhofswand dem hohen Drucke allmählich etwas nachgiebt. Wird der

Unterbindungsfaden gelöst, so sinkt der Blutdruck sogleich auf das alte Mass. Die Pulse, welche unter dem Einflusse des abnorm hohen Druckes sehr klein geworden waren, vergrössern sich wieder. Eine neue Ligatur, nahe oberhalb der zuvor entschnürten Stelle, verursacht keinen Reiz mehr. Es vertheilt sich die Flüssigkeit diesseits und jenseits des Fadens; der „Tetanus" bleibt aus.

In dieser Auffassung der eigenthümlichen Drucksteigerung fand ich mich bestärkt durch eine briefliche Mittheilung meines verehrten Freundes, des Herrn Professor H. P. Bowditch, welcher seine Meinung über den „Herztetanus" im Wesentlichen übereinstimmend mit der meinigen entwickelt hat.

Der Grund, weshalb in den Versuchen von Luciani der diastolische Druck sich nicht auf der Höhe erhielt, sondern durch das allmähliche Absinken den Eindruck eines langsam abfallenden Herztetanus machte, musste unseren neuen Controlbeobachtungen zufolge in dem Apparate gelegen sein. Die ingeniöse Einrichtung des Membranventils, welches während kurzer Druckerhöhung von Seiten des Herzens ganz zuverlässig die Mariotte'sche Flasche vom Manometer absperrte, genügte nicht, um dauernd zu verhüten, dass sich zwischen Manometer und Flasche das hydrostatische Gleichgewicht allmählich herstellte. Das hervorgewölbte Häutchen deckte mit seinem centralen Theile allerdings anfänglich die Mündung des Abflussröhrchens der Flasche vollkommen. Aber „die Membran ist an einer Stelle des Randes fein durchbohrt" (a. a. O. S. 117), um der Speiseflüssigkeit überhaupt Zutritt zum Herzen zu ermöglichen. In den mit Serum gefüllten, geschlossenen Raum (a. a. O. S. 116 Fig. 1. *a*), in welchem das „Klappenventil" steckte, konnte nun freilich keine Flüssigkeit durch das Membranloch treten, wenn nicht irgendwo ein Ausweg geboten wurde, oder die umfassende Wand sich irgendwo erweitern liess. Allseitig ist der Raum von starren Theilen begrenzt. Nur die Ventilmembran selbst, welche den Raum oberhalb gegen die Mariotte'sche Flasche abschliesst, unterhalb gegen das Manometer, ist beweglich. Vermöge des Druckes im Manometer gespannt, begünstigt sie den Austritt von Flüssigkeit durch die Stichöffnung, indem sie mehr und mehr erschlafft, und den von der Herzseite in den Ventilraum tretenden Tröpfchen Platz macht. Endlich giebt sie auch den Abfluss der Mariotte'schen Flasche frei, und das Gleichgewicht ist im ganzen Systeme hergestellt. Grade so, wie es plötzlich geschieht, wenn die Membran herabgedrückt wird (Luciani a. a. O. S. 131).

Gegen diese Erklärung des „Herztetanus" spricht freilich eine Deduction von Luciani, welche sich auf Beobachtungen an Herzen stützt, die abseits des Apparates unterbunden waren, und darauf in Verbindung mit dem Manometer gebracht, eine Reihe von Contractionen aufschrieben, deren Umfang gradatim wuchs. Solche Pulsreihe bezeichnete er als „aufsteigende Treppe" der „Anfallsgruppe" (a. a. O. S. 123 u. 124). Er hielt eine derartige Treppe für einen verkappten Tetanus.

Da nämlich die Einzelpulse, welche sich auf der absinkenden Tetanuscurve aufsetzen, immer grösser werden, und, bei geöffnetem Ventil, die Lage der Abscisse nur durch den Stand der Druckflasche bestimmt wird, gleichgültig, ob das Herz, indem es an den Apparat gebracht wird, contrahirt oder erschlafft ist, so stellt die von der Tetanuscurve auf die Abscisse projicirte Pulsreihe eine „Treppe" dar. Anfangs nahezu vollständig contrahirt vermag das Herz nicht mehr Serum genug auszutreiben, um das Ventil zu schliessen und die Quecksilbersäule zu heben. „Wenn aber der Tetanus, wie es zu geschehen pflegt, allmählich nachlässt, so wird nun unter dem Drucke der Flasche Flüssigkeit in die Herzhöhle dringen, und zwar in dem Masse, in welchem die Nachgiebigkeit der Herzwand wächst, beziehungsweise die in ihr vorhandene (tonische) Contraction abgenommen hat. Kehrt nun, während dieses geschieht, ein Antrieb zur erneuten Contraction rhythmisch wieder, so wird die erste derselben ein mit nur wenig Flüssigkeit gefülltes Herz treffen und demnach auch nur wenig in das Manometer werfen können, während die folgenden auf ein mehr und mehr gefülltes Herz wirken und demgemäss auch successive an Grösse wachsende Erhebungen des Quecksilbers bewirken werden" (a. a. O. S. 130). Hiernach würden also eigentlich die Systolen nur wachsen, weil die Diastolen sich vertiefen, und es hätte der Vergang eine gewisse Analogie mit dem tonischen Zustande, den wir an beweglichen Herzen bemerkt haben, welche, durch intermittirende Reize getroffen, sich so häufig contrahiren, dass ihre Diastolen unvollkommen bleiben; nur dass in diesem Falle der Höhepunct des Tonus nicht den höchsten der ersten Systole überstieg. Diese Deutungsweise als plausibel zu adoptiren, war ich mit Luciani bereit, obwohl wir schon wussten, dass die Herkunft der „Treppe", welche von Bowditch mit der Herzspitze gewonnen worden, nicht durch analogen Vorgang zu erklären sei.

Nachdem ich aber nunmehr mit Stirling die Druckerhöhung als ein Artefact erkannt und auch gesehen habe, dass wir ebenfalls eine „aufsteigende Treppe" erhalten können, wenn wir das Herz von der Mariotte'schen Flasche abgesperrt pulsiren lassen, so mussten wir uns nach einer anderen Ursache des seltsamen Vorganges umsehen.

Bowditch hat denselben bereits unter mannigfachen Bedingungen genau verfolgt, und constatirt, dass der mit Kaninchenserum gefüllte Froschherzventrikel sich dadurch vor anderen quergestreiften Muskeln auszeichne, dass eine nach Minuten langer Ruhe erregte Contraction nicht grösser, sondern kleiner als die vorhergehende sei. „Jede (in Intervallen von mehreren Secunden) folgende nimmt an Umfang zu, jedoch in der Weise, dass mit der steigenden Zahl der Zuckungen der Zuwachs kleiner und kleiner wird, bis er endlich verschwindet" (a. a. O. S. 156). Von dem erreichten Maximum sinkt die „Ermüdungscurve" mit gegen die Abscisse gerichteter

Convexität ab, um so steiler, je kleiner die Reizintervalle gewählt sind (a. a. O. S. 161). Die ermüdete Herzspitze kann man in beschränktem Masse wieder kräftigen, wenn man das gebrauchte Serum durch neues ersetzt. Die Leistung des Herzens wird also ebensowohl durch längere Ruhe, als durch dauernde Arbeit verringert.

Die merkwürdige Entdeckung von Luciani, dass ein an den Vorhöfen umschnürtes, mit Serum gefülltes Herz in periodischem Wechsel spontan Gruppen von Pulsen ausführt, und zwischen denselben längere Zeiten pausirt, gab Gelegenheit, den Verlauf von Pulsreihen nach Ruhezeiten verschiedenster Dauer unter mannigfachen Verhältnissen zu beobachten. Dabei stellte sich nun heraus, dass die ersten Gruppen eines einfach unterbundenen Herzens nach Ruhezeiten von einer oder mehreren Minuten selten „die Treppe“ zeigen, hingegen die späteren Gruppen, oder auch diejenigen zwei Mal geschnürter Herzen (a. a. O. Tabellen S. 143 u. f.), zumal unter dem Einflusse höherer Temperatur häufig in ausgesprochener Weise (S. 163. S. 168 u. fg.) die Erscheinung darbieten. An den seltenen Pulsgruppen von abgekühlten (4°—7°) Herzen war niemals das treppenartige Aufsteigen zu erkennen.

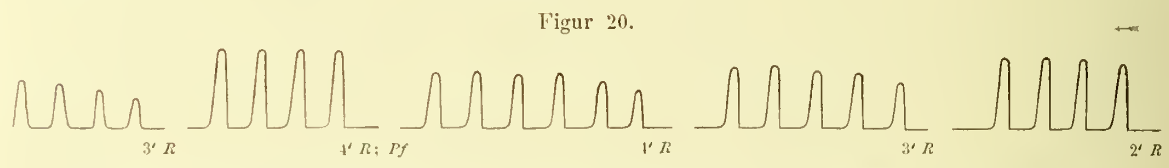
Giebt man dem registrirenden Herzen frisches Serum, nachdem ihm das gebrauchte entzogen worden, so sieht man, „dass die Pulse innerhalb der Gruppen zahlreicher und häufiger werden, dass die mittlere Höhe der Excursion beträchtlich wächst, dass die absteigenden Treppen steiler abfallen und die Pausen kürzer werden“ (a. a. O. S. 162).

Das Factum, dass die Gruppen des ermüdeten Herzens ungleich häufiger als die des frischen die Treppe zeigten, legte den Wunsch nahe, zu prüfen, ob nicht das im Herzen veränderte Serum die Leistung des Organes auch während der Ruhe mindere. War doch schon von Haller (Element. phys. 1762. Tom. IV. S. 546) die Beobachtung gemacht worden, dass Skelettmuskeln, in welchen das Blut durch Unterbindung der Venen gestaut wurde, paralytisch werden. Wenn man nun annimmt, dass das Herz sehr schnell seinen Inhalt zersetze und von dem verdorbenen Safte leide, aber auch sehr leicht durch geringe Mengen frischen Stoffes restituirt werde, so kann man sich vorstellen, dass nach langer, schädigender Ruhe die erste kleine Contraction etwas von dem verdorbenen Serum aus dem Herzen treibe, dass dieses sich im Glasrohre mit frischem menge, davon bei der nächsten Diastole neue Theile mit der Herzmusculatur in Berührung bringe, hierdurch diese kräftige und den nächsten höheren Puls ermögliche, der wiederum frisches Material herbeischaffe, bis die Mischung in Herz und aufgesetztem Röhrchen ziemlich gleichmässig geworden sei, und der weiteren Erholung eine Schranke setze. Um diese Annahme zu prüfen, haben wir die Erneuerung des Herzinhaltes zu vervollkommnen gesucht, und zu diesem Behufe die (Seite CLXXIV) beschriebene Durchspülungscanüle angewendet.

Der Effect solcher Perfusionsmethode, welche gestattete, das Herz durch einen continuirlichen Strom von Nährflüssigkeit zu speisen, war allerdings viel bedeutender, als man bisher angenommen hat. Es gelang, von Herzen, welche längere Zeit pulsirt hatten und schon schwach geworden waren, mit Hülfe von blutigem Kaninchenserum wieder Pulse zu gewinnen, welche höher waren, als diejenigen des frischen, mit analogem Serum nur einfach gefüllten Herzens.

Wenn wir die Froschherzspitze durch rhythmisch folgende Inductionsschläge etwas ermüdeten, darauf einige Minuten ruhen liessen, nunmehr Serum oder mit Kaninchenblut gemischte Kochsalzlösung perfundirten, so brachten die nächsten Reize Pulse, welche beträchtlich höher waren, als die letzten vor der Ruhe. Die Treppe verschwand zuweilen vollkommen.

Figur 20.

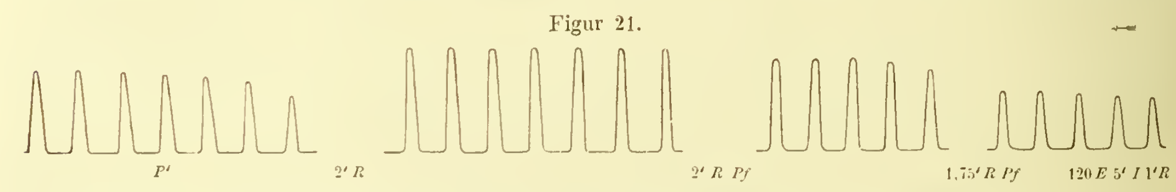


Froschherzspitze mit Oeffnungsinductionsschlägen von 60 E. in 1″ Intervall gereizt. Zwischen kurzen Pulsperioden werden Ruhepausen von 2 Minuten (2′ R), von 3′, von 1′ ohne Perfusion; von 4′, während welcher ein paar Cubikcentimeter frischen, blutigen Serums perfundirt werden (Pf.); endlich nach grösserer Pulsreihe 3′ Ruhe ohne Perfusion eingeschoben.

Altes, zwei Tage zuvor gebrauchtes, im Eiskeller aufbewahrtes Serum minderte schnell die Leistungsfähigkeit des damit gefüllten Herzens.

Die nächste Figur illustrirt den Schlusstheil eines Experimentes, in welchem eine Herzspitze, nachdem sie mehrere Stunden lang periodisch gereizt worden und fast völlig erschöpft war (Pulshöhe 2,5 Mm.), durch Perfusion (Pf.) von frischem Kaninchenserum wieder völlig gestärkt worden, so dass die Pulshöhen bis 13,5 Mm. stiegen, während das Herz, aus dem lebenden Thiere entnommen, und mit dem gleichen Kaninchenserum an den Apparat gebracht, nur 10,5 Mm. hohe Pulse zeichnete. Die Treppe erschien jetzt: bei Reizen in 5″ Intervall flach ansteigend

Figur 21.

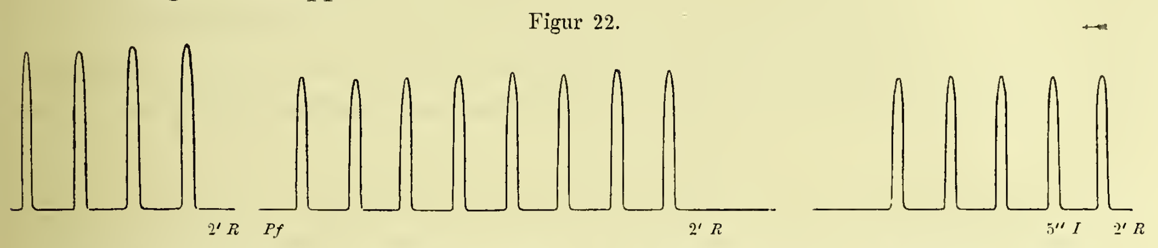


Froschherzspitze in 5″ Intervall mit Oeffnungsschlägen (120 E.) gereizt, 1) nach 1 Minute Ruhe (R.) ohne Perfusion, 2) nach 1,75′ Ruhe mit Perfusion (Pf.), 3) nach 2′ Ruhe mit Perfusion, 4) nach 2′ Ruhe ohne Perfusion. P′ bezeichnet einen Puls, der gleich hoch mit den ersten des frischen Herzens ist.

nach 1 Minute Ruhe; kurz aber deutlich nach 1,75′ Ruhe, während Serum durch das Herz gespült war: nicht mehr nach 2′ Ruhe, als während letzterer perfundirt worden: sehr markirt nach 2′ Ruhe ohne Perfusion.

In erwärmten (25°—30°) Herzen büsst das Serum schnell seine erholenden Eigenschaften ein. Es zeigt sich schon nach kurzer Ruhe eine deutliche Treppe. Doch kann das bewegliche Herz bei Zufuhr frischen Nährstoffes sich sehr vollkommen wieder erholen; durchspült gewinnt es schon in der Ruhe wieder das temporäre Maximum seiner Leistungsfähigkeit: es zeigt sich keine Treppe. Ein frisches Herz kann bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, wie schon erwähnt, einige (2) Minuten Serum ertragen, selbst wenn dieses nicht ganz frisch ist, aber noch nicht zur Circulation gedient hat, ohne wesentlich zu leiden. Die in mässigen Intervallen (5″) folgenden Pulse sind dann nahezu gleich hoch. Ist während einer Pause von 2′ Ruhe das Herz mit dem blutigen Serum durchspült worden, so sind die nächsten Pulse beträchtlich höher, als diejenigen vor der Pause und bilden eine „absteigende Treppe".

Figur 22.

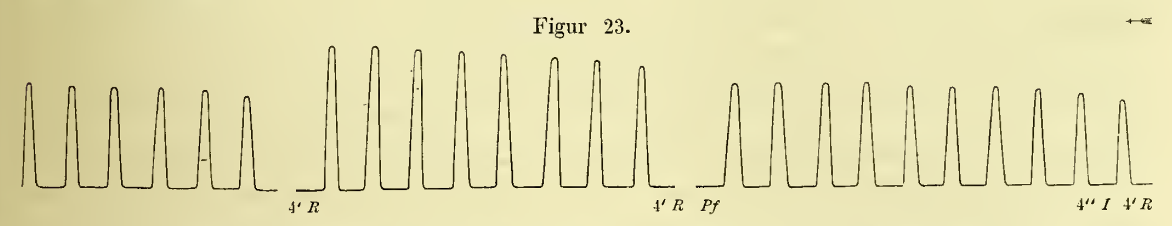


Froschherzspitze mit blutigem, durch Kochsalzlösung verdünntem vom vorhergehenden Tage conservirtem Kaninchenserum gefüllt, durch Oeffnungsinductionsschläge (60 E) in 5″ Intervall periodisch gezeizt: 1) nach 2 Minuten Ruhe ohne Perfusion, 2) nach 2 Minuten Ruhe ohne Perfusion, 3) nach 2′ Minuten Ruhe mit Perfusion.

Diese Erscheinung entspricht der Angabe von Luciani: „Die ersten Gruppen nach dem Anfalle zeichnen sich durch die absteigende Treppe aus; ihre häufigste Form" (bei grosser Pulsfrequenz) „ist die einer Curve, welche ihre Convexität gegen die Abscisse wendet, zuweilen ist sie auch völlig oder nahezu eine gerade Linie" (a. a. O. S. 141).

Ist hingegen das Herz nicht mehr vollkommen frisch, aber das Serum frisch und nahrhaft, so kann der Strom durch das ruhende Herz nicht die Treppe zum Verschwinden bringen, obwohl sie von höherer Stufe anhebt, als die Treppe nach stromloser Ruhe.

Figur 23.



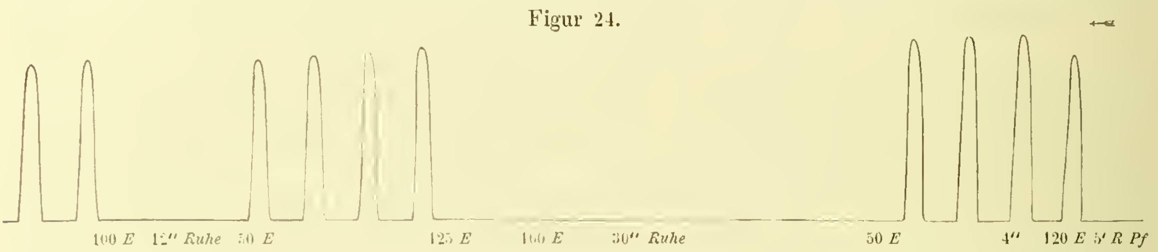
Herzspitze, zuvor mit altem Serum gespeist, dann mit frischem; in 4′ 'Intervall durch Inductionsschläge von 16 E. gereizt. 1) nach 4 Min. Ruhe ohne Perfusion, 2) nach 4 Min. R. mit Perfusion, 3) nach 4 Min. R. ohne Perfusion.

Häufig genügt bei reichlich genährten Herzen ein Pulsschlag, um dem Herzen das Maximum seiner Leistung zu schaffen. Nach kurzer Ruhe (eine halbe Minute)

erscheinen dann ohne Perfusion die nächsten Pulse absteigend: aber von einer maximalen Höhe, die kleiner ist, als diejenige des letztvorangegangenen Pulses.

Wenn wir auf Grund der oben aufgestellten Deutung der Treppe das theilweise Bestehen derselben trotz Perfusion erklären wollen, so müssen wir annehmen,

Figur 24.



Herzspitze durch Inductionsschläge von verschiedener Intensität in 4'' Intervall gereizt. Vor der wirksamen Reizung durch 100 E. 5 Min. Ruhe und Perfusion mit frischem Serum: 50 E. unwirksam, erst 125 E. wieder wirksam, hierauf auch alle Reize bis zu 50 E., dann erst wieder 100 E. Während der unwirksamen Reize merkliche Erholung.

dass die frische Nährflüssigkeit aus r u h e n d e m Herzen die schädlichen Säfte nicht zu verdrängen vermag, welche im Muskelgewebe haften, sondern erst, wenn diese Theile durch die Contraction selbst aus den Spalten ins Herzlumen gepresst worden sind.

Es wäre nun unsere Aufgabe gewesen, zu untersuchen, bei welcher Ruhezeit die Erholung des nicht perfundirten Herzens am grössten ist. Diese Frage haben jedoch die genauen Angaben von B o w d i t c h, bezüglich der mit Kaninchenserum gefüllten Froschherzspitze, ausführlich beantwortet (a. a. O. S. 160). Aus seinen Reihen ist zu ersehen, „dass der höchste Hub, welchen die mit reinem Serum erfüllte Herzspitze vollführen kann, bei einem Intervall zwischen 4 und 5 Secunden zum Vorschein kommt; verlängert sich dasselbe, so nimmt die Hubhöhe fortwährend ab, bis sie, je nach der Individualität des Herzens, bei einer Pause bis 5 Minuten auf einem Minimum anlangt, unter das sie auch längere Ruhe nicht herabdrückt. Und nicht minder sinkt der Umfang der Zuckungen, wenn man das Intervall von 4 Secunden auf 2 Sec. verkürzt.“

Qualitativ ähnlich verhält sich der ermüdete Skelettmuskel ausserhalb der Circulation. (Ueber die Ermüdung und Erholung der Muskeln. Arbeiten aus der physiol. Anstalt. 1871. S. 217 u. 218). „Es ergab sich, als Intervall, welches maximale Erholung gestattet, das von 3 Minuten. Die maximale Erholung ist aber bei Weitem keine vollständige, wenn wir eben nur Muskeln todter Thiere in Betracht ziehen.“ Die Contractionen wachsen in dem angeführten Beispiele „schnell, bei Zunahme der Intervalle bis 30 Secunden, dann langsamer bis 3 Minuten, bleiben nahezu gleich, wenn die Ruhezeiten bis 4 und 5 Minuten zunehmen, vermuthlich, weil nach der erschöpfenden Arbeit das Absterben schnell fortschreitet.“ Schon C. L u d w i g und S c h m i d t haben aus ihren Untersuchungen den Satz gefolgert: In jedem Stadium des ermüdeten Muskels (vom Warmblüter) giebt es ein im Verlaufe seiner

Thätigkeit abnehmendes Zuckungsmaximum, welches durch Ruhe und Blut erreicht, aber nicht überschritten wird. Es hat sich auch ergeben, dass, wie die Grösse der möglichen Leistungsfähigkeit eines Muskels bei jeder neuen tetanischen Contraction abnimmt, in ähnlicher Weise die Widerstandsdauer gegen Blutleere bei jeder Unterbrechung der Circulation sich mindert. (Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. 1868. S. 26 u. 24.)

An der Hand der gewonnenen Erfahrungen können wir jetzt prüfen, ob es zulässig sei, die „Treppe" als Aeusserung eines sich selbst steigernden Erholungsvorganges anzusprechen.

Wir wissen, dass die Pulse des registrirenden Herzens grösser werden:

1) Wenn die Nahrungsflüssigkeit bei einem schon ermüdeten Herzen erneut wird (Hoffa und Ludwig a. a. O. S. 135; Cyon a. a. O. S. 89; Bowditch a. a. O. S. 162; Luciani a. a. O. S. 163).
2) Wenn kurze Ruhezeiten wachsen. Dies hat Bowditch bei der elektrisch gereizten Herzspitze gezeigt; Luciani bei Gruppen spontaner Pulse (a. a. O. Fig. 20. S. 141) bemerkt.
3) Wenn nach längerer Ruhe das Herz wieder zu schlagen beginnt, zumal nach Schädigung
   a. durch mechanische Insulte (Unterbindung) (Bowditch a. a. O. S. 172),
   b. durch chemische Läsionen (Behandlung mit Muscarin und Delphinin) (Bowditch),
   c. durch gesteigerte Zersetzung bei höherer Temperatur (Cyon, Bowditch, Luciani),
   d. durch dauernde Thätigkeit (Luciani).

Alle diese Vorkommnisse lassen sich unter den einen Gesichtspunct fassen: die Herzmusculatur vermag nur mit Hülfe stets frischen Nährmateriales gleichmässig zu functioniren. Demgemäss wären also 2) und 3) Unterabtheilungen von 1).

Luciani betrachtet allerdings die Treppe als ein Zeichen verminderter Contractionsthätigkeit (zunehmender Erschlaffung, wenn nicht gar als ein Merkmal vermehrter Thätigkeit im Sinne der Diastole). Gegen diese Ansicht spricht aber folgendes Ergebniss: Man erhält die aufsteigende Pulsreihe, auch wenn man das Herz, welches eine Treppe verzeichnet, von dem Reservoir gänzlich absperrt, allein mit dem Manometer in Verbindung lässt. Würden jetzt, anstatt der Systolen die Diastolen wachsen, so müsste ja das Herz negative Drücke verzeichnen, oder, wenn es nicht zu aspiriren im Stande wäre, jedenfalls keine positiven. Denn dass es während ausgiebiger Diastolen durch seine Muskelwand aus dem Bade Flüssigkeit

einsauge, um es bei den folgenden Systolen in das Manometer zu werfen, wird wohl kein Physiologe ernstlich glauben; und wer etwa dazu geneigt wäre, könnte sich leicht davon überzeugen, dass auch ohne Serumbad das Herz seine Treppe aufzeichnet, wenn es sonst Anlass zu diesem Pulsmodus hat.

Bowditch ist durch seine Versuchsergebnisse zu der nothwendigen Annahme geführt worden, „dass während der Zuckungspause des Herzens im Gegensatz zu den Bedingungen, welche (nach kurzer Ruhe) den Umfang der Contraction vergrössern, auch noch andere entstehen, welche den Umfang derselben zu verkleinern trachten." Die überraschende Geschwindigkeit, mit welcher, im Vergleich zu Skelettmuskeln, das Herz, sogar wenn es mit Serum gefüllt ist, an Leistungsfähigkeit einbüsst, liessen eine durch Nerveneinfluss vermittelte Dämpfung vermuthen und diese Anschauung wurde durch die Wahrnehmung bestätigt, dass Atropin, welches als Vagus lähmendes Gift bekannt ist, den schädigenden Einfluss der Herzruhe zu verringern vermag.

Ueber das Verhalten des atropinisirten Herzens während lebhafter Circulation haben wir keine Erfahrungen gesammelt, doch halte ich es nicht für unmöglich, dass dieses Gift, indem es das Gewebe schlaffer macht, auf die Ernährung günstig wirkt.

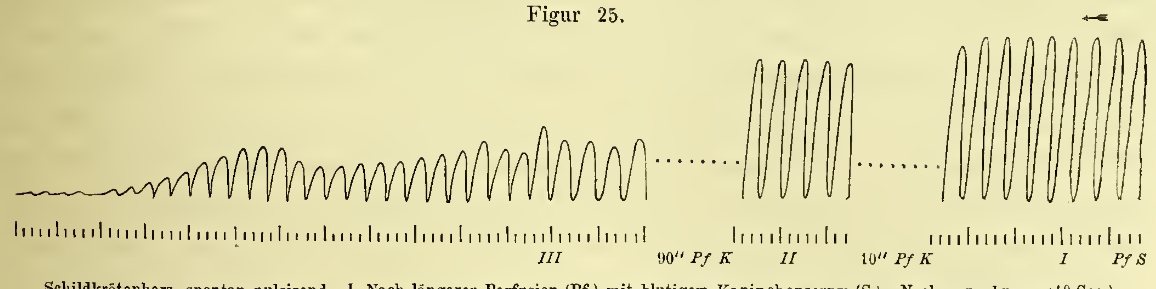
Unter solcher Voraussetzung stände nichts im Wege, auch diese Bedenken gegen das Fundamentalgesetz, von welchem unsere Arbeit ausgegangen, zu beseitigen und darzuthun: „dass der Grund, weshalb die Herzspitze in verschiedenem Umfange zuckt, in den veränderlichen Eigenschaften ihrer Muskelfaser selbst zu suchen ist." — Zumal ich ja später auch bei ausgeschnittenen Skelettmuskeln von Winterfröschen eine der „Treppe" ganz analoge Erscheinung beobachtet habe, ohne dass dafür die Wundt'sche Modification der Reizbarkeit geltend gemacht werden kann, da meine Reize maximale waren (a. a. O. S. 204 Anm.).

Die Erkenntniss, welche wir auf analytischem Wege gewonnen haben, ist aber auch auf synthetischem Wege von uns bestätigt worden. — Entzieht man dem Herzen seine Nährstoffe, so verliert es schnell seine Leistungsfähigkeit, und gewinnt sie eben so schnell wieder, wenn es neu gespeist wird.

Verdrängt man das in der Herzhöhle befindliche Blut oder Serum durch unschädliche Kochsalzlösung (0,6 Proc.), so sinken die Pulse sehr schnell bis zur Unmerklichkeit, bald bleiben nur noch matte, peristaltische Bewegungen, und endlich steht das Herz in Diastole still, unfähig, selbst auf die stärksten Reize die leiseste Bewegung auszuführen. Durchspült man nunmehr das erschlaffte Organ wieder mit sauerstoffhaltiger Blutflüssigkeit, so beginnt es bald fibrilläre Zuckungen zu machen, dann schwach zu schlagen, bis es endlich ebenso kräftig arbeitet, wie im frischen Zustande.

Füllt man, nachdem das Herz bis zum Scheintode blutleer gewaschen ist, das Röhrensystem mit Serum oder blutiger Kochsalzlösung, und schliesst den Hahn zur Druckflasche, so kann man die schönste Treppe entstehen sehen. Das negative Bild dieses Vorganges kann man nicht so vollkommen erhalten. Wenn man das bluthaltige Herz an das mit reiner Kochsalzlösung gefüllte Röhrensystem bringt, so genügt die kleine Blutmenge, trotz ihrer schnell zunehmenden Verdünnung mit dem bewegten indifferenten Fluidum, das Herz längere Zeit mässig arbeitsfähig zu bewahren. Jede fernere Perfusion mindert Vorrath und Leistung. Natürlich gilt diese Erfahrung ebenso für den künstlich gereizten Ventrikel, wie für das spontan pulsirende Herz. Nicht nur an Fröschen (deren Herzen, sofern sie gesund und heil sind, auch Kochsalzlösung [0,6 Proc.] nicht filtriren lassen), sondern auch an der Schildkröte haben wir den Versuch angestellt. — Die folgenden drei facsimilirten Stücke der Curven, welche ein Schildkrötenherz geliefert hat, mögen die oben formulirte Regel veranschaulichen. Das Herz war mit zwei Canülen versehen. Die erstere war in eine der Hohlvenen eingebunden und an das mit der Mariotte'schen Flasche communicirende Ende des Röhrensystems gesteckt; mit dem Manometerende desselben war die zweite Canüle, welche in einer Aorta sass, verbunden. So nahm das Herz durch die Vene in den rechten Vorhof die Spülflüssigkeit auf, wenn der Weg zu der Druckflasche frei war, und liess sie durch die offene Aorta in das Abflussrohr laufen, oder trieb seinen Inhalt, wenn es pulsirte während Zu- und Ausflusshahn geschlossen waren, in das registrirende Manometer. — Nachdem das Herz einige Zeit mit geschütteltem, blutigem Kaninchenserum ausgespült worden war, zeichnete es Pulse, von denen das erste Stück der Figur 25 eine Probe giebt. Nach kurzer Kochsalzspülung machte es Contractionen, von denen die zweite Gruppe Anschauung gewährt. Als es 1 ½ Minute mit Salzwasser perfundirt war, sanken, wie der Endtheil (III) zeigt, die Pulshöhen in unregelmässigem Abfalle schnell auf unmerkliche Werthe.

Figur 25.

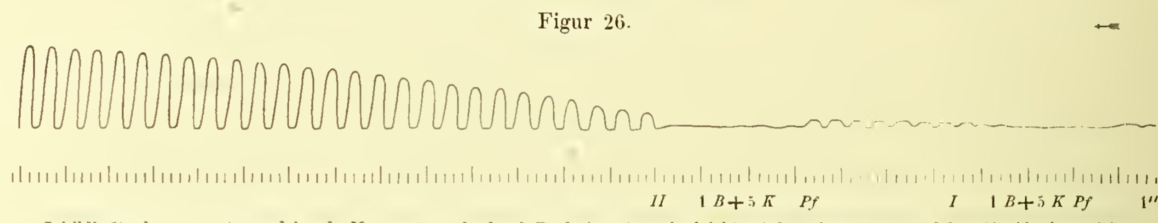


Schildkrötenherz, spontan pulsirend. I. Nach längerer Perfusion (Pf.) mit blutigem Kaninchenserum (S.). Nach ganz kurzer (10 Sec.) Perfusion mit Kochsalzlösung (0,6 Proc.) (K.) III. Nach 1½ Minuten langer Circulation von K. Die Striche markiren Secunden.

Länger als 12 Minuten zeigte das Herz nur leise, fibrilläre Bewegungen, welche den Stand der Manometersäule völlig unverändert liessen. Hierauf brachte

Kochsalzlösung mit Blut gemengt 5 : 1 die Pulse wieder zu früherer Höhe, sodann reine Kochsalzlösung sie wieder zum Verschwinden. Als nunmehr das Herz wieder mit Blut durchspült worden, schrieb es die in Figur 26 copirte Curve.

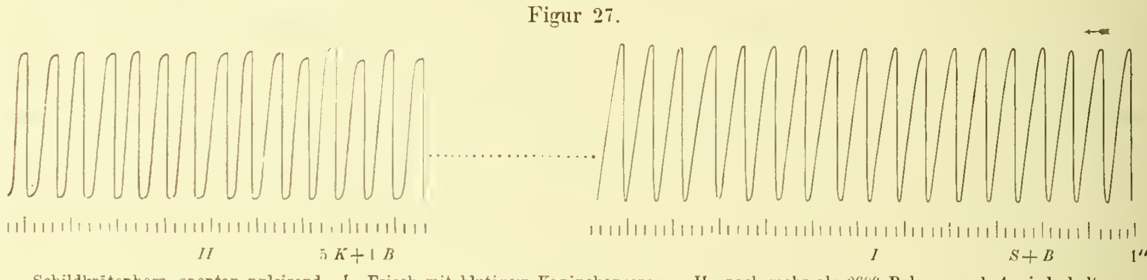
Figur 26.



Schildkrötenherz, spontan pulsirend. Manometersäule durch Perfusionsstrom in leichtes Schwanken versetzt, daher die Abscisse nicht genau gradlinig. I. Pulsation nach 10″ langer Perfusion (kaum 1 Cubikcent.) von 1 Theile Blut durch 5 Theile Kochsalzlösung verdünnt (1:5). II. Pulsation nach ebenso wiederholter Durchleitung. Die Striche markiren Secunden.

Zwei fernere, kleine Durchleitungen mit der blutigen Flüssigkeit bringen das Herz zu anhaltender, gleichmässiger Arbeit. Die Pulse, von denen eine Reihe in Figur 27, II abgebildet ist, gleichen an Höhe den kräftigsten (über I wiedergegebenen) des ganz frischen Organs.

Figur 27.



Schildkrötenherz, spontan pulsirend. I. Frisch mit blutigem Kaninchenserum. II. nach mehr als 2600 Pulsen, nach 4 wiederholten Perfusionen von Kochsalzlösung und ebenso vielen blutigen Durchleitungen.

Wir haben also vier Mal die Leistungsfähigkeit des Herzens durch Perfusion indifferenter Flüssigkeit völlig vernichtet und ebenso oft durch Blutzufuhr wieder vollkommen hergestellt. Es genügen hierzu erstaunlich kleine Blutmengen. Ein paar Cubikcentimeter einer Kochsalzlösung, die etwa 0,5 Proc. alten Kaninchenblutes enthielt, brachten die Pulshöhen des Schildkrötenherzens in wenig Secunden von 0 auf 12—14 Mm. und erhielten sie längere Zeit so gross. Hierdurch wird es erklärlich, dass ausgeschnittene Froschherzen oft lange Zeit pulsiren, ohne neue Nahrungszufuhr. Die schwachen Contractionen erfordern wenig Aufwand. Aehnlich verhält sich das auch unter Druck matt arbeitende, kalte Herz, während das erwärmte seinen Nährstoff durch kraftvolle Leistung schnell erschöpft. — Nebenbei wird die Zersetzung des Inhaltes im ruhenden Herzen durch Wärme beschleunigt, durch Kälte verzögert; daher beginnt der wiedergereizte Ventrikel seine Arbeit im ersten Falle mit steiler Treppe, im letzten mit flacher oder unmerklicher. — Nach diesen Erfahrungen wird es nicht wunderbar erscheinen, dass oft Injectionen von Kochsalzlösung nach Blutperfusionen im Beginn erholende Wirkung haben, obgleich das Glasröhrensystem zuvor

vom Blut gereinigt war. Die in den Canülen und der Herzhöhle selbst restirenden Blutzellen genügen, wie oben erwähnt, um der in raschem Strome bespülten Herzmusculatur einen Theil des zur Arbeit aufgewendeten Materiales zurückzugeben. Sind aber diese Ueberbleibsel, welche zumal im Balkenwerke des Schildkrötenventrikels sich etwas länger als in Froschherzen halten, durch reine Kochsalzlösung entfernt, so verschwindet bald der Kraftrest. Auch in diesem Verhalten finden wir eine Aehnlichkeit des Herzens mit dem Skelettmuskel, bei welchem ich „vor einer höchst erfolgreichen Transfusion von ausserordentlich verdünnter Lösung (0,01 Proc.) übermangansauren Kali's, Circulation von Kochsalzlösung völlig indifferent gefunden habe", während nach Injectionen des erholenden Ozonträgers Perfusionen von reiner 0,5 procentiger Kochsalzlösung „eine so geringe erholende Wirksamkeit zeigten, dass man dieselbe den noch aus dem Zuflussröhrchen verdrängten Resten der übermangansauren Kalisolution zuschreiben könnte" (Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. 1871. S. 183). Auch auf Tafel IV jener Abhandlung ist der im Vergleich zur Blutwirkung minimale Effect von Kochsalzlösung, welche durch die Froschschenkel circulirte, naturgetreu dargestellt; auf Tafel V gänzliche Unwirksamkeit der indifferenten Lösung. Herr Johannes Ranke zählt mich also irrthümlich — in der letzten Auflage seiner Grundzüge der Physiologie — zu den Anhängern seiner Lehre von den ermüdenden Stoffen.

Wir haben bisher immer stillschweigend vorausgesetzt, dass es sich bei den Erholungen durch Blutperfusionen um eine Steigerung der Leistungsfähigkeit, nicht um eine solche der Erregbarkeit handle. Es ist am nicht spontan pulsirenden Ventrikel leicht zu erweisen, dass mit der Höhe der Pulse keineswegs die Stärke der Minimalreize sich ändert. Bei denselben Reizen, welche das frische, kraftvolle Herz für seine grossen Contractionen bedarf, fährt in der Regel das armselige Kochsalzherz fort zu pulsiren, bis zum Erlöschen seiner Bewegungen. Verstärkte Reize helfen ihm, — gemäss dem durch unsere Versuche bestätigten Grundgesetze der Herzbewegung — gar nicht zu vermehrter Leistung. Für den mit altem Blute oder Serum gefüllten, ermüdeten Herzmuskel sind sogar häufig viel schwächere Antriebe zur Leistung ausreichend, als für den frischen. So genügten z. B. einem Herzventrikel, als er, stark ermüdet die durch Figur 5 dargestellten Curven lieferte, schon etwa 46 Einheiten, um Pulse hervorzurufen, während derselbe, durch Perfusion gestärkt, 120 E. als erweckenden Reiz brauchte, um die in Figur 24 wiedergegebenen Curven zu zeichnen.

Auch Bowditch bemerkte, dass, „um eine sichere Wirkung zu erzielen, die Intensität des Inductionsstromes nicht zu wachsen braucht, wenn auch der Umfang der Zuckung durch Muscarinvergiftung, oder die Grösse der Ladung durch Ermüdung abgenommen hatte." Im Gegentheil fand er die Empfänglichkeit „durch

eine Reihe von Zuckungen erhöht", durch längere Ruhe gemindert (a. a. O. S. 175). Die Bedeutung dieser Eigenthümlichkeit haben wir schon im Anfange dieser Arbeit gewürdigt.

So haben wir das Herz als ein Organ erkannt, mit dessen Leistung keine fabricirte Maschine sich auch nur entfernt zu messen vermag. So gering an Masse, dass ein Verbrauch von Gewebstheilen als Arbeitsmaterial — wie ihn manche Physiologen vom Skelettmuskel behaupten — es binnen Kurzem gänzlich aufzehren würde, ist es fast augenblicklich zur Leistung fähig, sobald es gespeist ist, und verwendet die Spannkräfte, welche ihm zur Verfügung gestellt werden, auf die vollkommenste und sparsamste Weise zur Arbeit. Es stellt seine Leistung gänzlich ein, sobald ihm die Speise entzogen wird, zehrt also nicht vom eigenen Stoffe, erhält sich aber, gut ernährt und nicht misshandelt, ohne sich abzunutzen, ungemessene Zeit. Nicht jeder leiseste Anstoss löst seine Kräfte aus, aber, sobald es in Thätigkeit gerathen ist, bedarf es nur mehr geringer Impulse, um in Bewegung zu bleiben. Stets arbeitet es mit voller Kraft und im passenden Tempo; wenig gestört durch unzeitgemässe Antriebe, gar nicht berührt durch den Wechsel der Reizstärke, wie es seine Bestimmung zu stetem, gleichmässigem Fördern relativ grosser Lasten erheischt. Unter denselben Bedingungen (Wärme), welche die Umsetzung des Nährstoffes vergrössern, wächst die Beweglichkeit seiner Theile; die äusseren Verhältnisse (Kälte), welche den Stoffwechsel verzögern, machen es zugleich träger. — Zum Behälter taugt dagegen das Herz nicht. Auch ruhend entzieht es dem seine Wandungen berührenden Inhalte einen Theil von dessen Arbeitsmaterial, und ist daher, ohne Zufuhr, bei Neubeginn seiner Thätigkeit nicht im Vollbesitze seiner Leistungsfähigkeit.

UEBER DEN EINFLUSS DES BLUTDRUCKES AUF DIE HÄUFIGKEIT DER HERZSCHLÄGE

VON

DR. F. NAWROCKI,

PROFESSOR IN WARSCHAU.

Die widersprechenden Angaben verschiedener Forscher, die als Folge der Blutdrucksteigerung bald Zunahme der Frequenz der Pulse, bald Abnahme derselben beobachtet haben, bewogen v. Bezold und Stezinsky (Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg. I. S. 195. 1867), zu untersuchen, wie der Blutdruck auf die Bewegungen des Herzens einwirkt, wenn dieses Organ nur noch unter der Herrschaft der in ihm selbst vorhandenen Nervencentra steht. Dies erreichten sie durch vorherige Durchschneidung des Halsmarkes, des Halssympathicus und Halsvagus. Auf Grund von an schwach curaresirten Kaninchen angestellten Versuchen, in denen die Blutdrucksteigerung auf dreifache Weise erzielt wurde, nämlich: Durch Erhebung des hintern Körpers, durch Klemmung der Aorta thoracica (nach Eröffnung der Brusthöhle) und durch Injection von erwärmtem Kalbsblut in die A. Carotis, kamen diese Forscher zu dem Resultate, dass (bis zu einer gewissen Grenze) mit dem Steigen des arteriellen Blutdruckes die Frequenz der Pulse wächst; sie berechneten ferner eine Tabelle, die anzeigt, wie viel der Zuwachs der Pulszahl beträgt, wenn der Blutdruck allmählich um je 10 Mm. Hg erhöht wird.

Eine weitere Stütze dieser Angaben findet sich in den Versuchen, bei welchen v. Bezold (l. c. S. 215) durch Verblutung eine allmähliche Abnahme des Blutdruckes hervorgebracht hatte. Wiewohl Vagi und Sympathici durchschnitten waren, erhielt v. Bezold in diesen Versuchen statt Abnahme im Gegentheil eine Zunahme der Pulsfrequenz mit dem bei Verblutung sinkenden Blutdrucke. Er nahm an, dass die Beschleunigung der Pulsschläge, bei Verblutung, unter dem Einflusse des Grosshirns zu Stande komme, und suchte durch Zuklemmen der andern Carotis (die eine war mit dem Manometer verbunden) die Ernährung des Grosshirns zu beeinträchtigen, und eine baldige Lähmung dieses Organs zu Stande zu bringen. Und in der That sank in diesem Falle, mit der Abnahme des Blutdruckes allmählich auch die

Pulszahl. Noch evidenter wurde diese Minderung der Pulsfrequenz in den Versuchen, in denen die excitomotorischen Nerven zuvor galvanokaustisch zerstört worden waren.

Indessen schienen verschiedene Angaben in der Literatur gegen diese Abhängigkeit der Pulszahl vom Blutdrucke zu sprechen. Bernstein (Centralblatt f. die med. Wiss. 1867. S. 1) sah, wenn er, nach Durchschneidung der Vagi, durch Einspritzen von defibrinirtem Blute den Blutdruck gesteigert hatte, keine deutlichen Veränderungen der Pulszahl eintreten. E. Bernhardt (Untersuchungen über den Nervus depressor bei der Katze. Diss. inaug. Dorpat 1868) bemerkte, bei Reizung des Depressor der Katze, nach Durchschneidung der Vagi, trotz sinkenden Blutdruckes keine Abnahme der Pulsfrequenz. Dasselbe beobachteten N. Kowalewsky und Adamük (Centralblatt f. die med. Wiss. 1868. Nr. 35), die unabhängig von letztgenanntem Forscher den N. depressor bei der Katze entdeckt haben. Bever und v. Bezold (l. c. S. 226) sahen, nach Durchschneidung des Rückenmarkes zwischen erstem und zweitem Brustwirbel, bei Reizung des unteren Abschnittes des Rückenmarkes (Vagi und Sympathici waren durchschnitten), trotz Steigerung des Blutdruckes keine Vermehrung der Pulszahl eintreten. Zu denselben Resultaten kam ich in meinen Versuchen über die Einwirkung des Rückenmarkes auf das Herz (Warschauer Universitätsnachrichten 1870, Nr. 2, S. 227, russisch).

Da nun auch Ludwig und Thiry (Ueber den Einfluss des Halsmarkes auf den Blutstrom. Wiener Sitzungsberichte vom 18. Februar 1864) bei Steigerung des Blutdruckes durch Verschliessen der Brustaorta, Anonyma und Subclavia sinistra bald eine Zu-, bald eine Abnahme der Pulszahl beobachtet, und diese Frage unentschieden gelassen haben, da ferner die directen Zahlen der v. Bezold'schen Versuche doch nicht so evident das beweisen, was in der Tabelle mit mathematischer Eleganz vorgelegt wird, so unternahm ich mit Dr. Muraschko (Ueber die Einwirkung des Blutdruckes auf die Häufigkeit der Herzschläge. Warschauer Universitätsnachrichten 1870. Nr. 2 S. 206) eine Wiederholung derartiger Versuche an Kaninchen. Es wurde nur in wenigen Fällen, behufs Erhöhung des Blutdruckes, Injection frischen defibrinirten Schweineblutes vorgenommen; in den meisten Versuchen erzielte man dies durch Zuklemmen der Aorta thoracica. Da jedoch das Eröffnen der Brusthöhle, wie v. Bezold und Stezinsky gethan, für die Lösung obliegender Frage weniger zweckmässig schien, so erreichten wir unsere Absicht auf folgende Weise: Vermittelst einer Nadel, die bei dem sogenannten „Stenson'schen" Versuche angewandt wird, wurde ein Bändchen zwischen der siebenten und achten Rippe in die Brusthöhle hinein- und auf der entsprechenden Stelle der andern Seite so hinausgeführt, dass dasselbe nur die Aorta thoracica umfasste. Wie die anatomischen Verhältnisse lehren und die jedem Versuch nachfolgende Section uns überzeugte, lässt sich bei einiger Uebung diese kleine Operation ohne Läsion wichtiger Organe und ohne

irgend welche in Betracht kommende Blutung ausführen. Schon die wenigen Versuche, die Muraschko angestellt hatte, zeigten uns, dass zwischen Pulszahl und Blutdruck keine derartige Abhängigkeit bestehe, wie sie von v. Bezold und Stezinsky behauptet wird. Ich will hier nur die Resultate von vier Versuchen Muraschko's, die mit Hülfe des Ludwig'schen Kymographion angestellt wurden, in einer übersichtlichen Tabelle anführen:

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während einer Minute			
	V	VI	VII	VIII
20— 30	151	180	217	—
30— 40	165	167	222	225
40— 50	164	181	221	228
50— 60	—	174	220	230
60— 70	140	175	220	230
70— 80	146	171	—	—
80— 90	146	175	240	230
90—100	152	170	—	—
100—110	160	176	—	—
110—120	—	176	—	228

Es zeigen sich zwar Schwankungen der Pulszahl im Verlaufe der einzelnen Versuche, dieselben sprechen aber doch nicht zu Gunsten der von v. Bezold vertretenen Ansicht. Da ich im weiteren Verfolge dieser Beobachtungen mich überzeugt habe, dass bei curaresirten Kaninchen, nach Durchschneidung des Halsmarkes, der Vagi und Sympathici, selbst bei constantem Blutdrucke die Pulszahl oft ziemlich bedeutende Schwankungen zeigt, so wurde es mir klar, dass diese Frage nur durch eine sehr grosse Anzahl an verschiedenen Thieren angestellter Versuche gelöst werden könne Deshalb stellte ich mit Dr. Mokrizky (Ueber den unmittelbaren Einfluss des Blutdruckes auf die Häufigkeit der Herzschläge. Arbeiten des physiologischen Laboratoriums in Warschau. Heft II. S. 1. 1873, russisch) nahe an 400 Versuche an Katzen, Hunden, Kaninchen an, in denen wir die Schwankungen des Blutdruckes auf die verschiedenste Weise zu Stande brachten. Ehe ich zur Darlegung der von uns erhaltenen Resultate schreite, muss ich bemerken, dass unsere Versuche, in denen die Einwirkung des Blutdruckes auf die Häufigkeit der Herzschläge geprüft wurde, in drei Gruppen zerfallen, nämlich:

I. In solche, in denen das Herz sich unter dem alleinigen Einflusse der in ihm selbst vorhandenen Nervencentra befand, wo also das Rückenmark am ersten Halswirbel, Halssympathici und Halsvagi nebst Depressores, im Falle die letzteren als besondere Nerven vorkamen, durchschnitten waren;

II. in solche, in denen das Herz sich unter dem Einflusse excitomotorischer Nerven befand, wo also entweder blos die Vagi, oder zugleich das Rückenmark zwischen zweitem und viertem Brustwirbel durchschnitten worden;

III. in solche, in denen das Herz sich entweder ausserdem unter dem Einflusse der Vagi befand (Durchschneidung des Rückenmarkes am ersten Halswirbel mit Erhaltung der Vagi), oder auch unter dem Einflusse sowohl hemmender als auch beschleunigender Nervenfasern (Versuche an intacten Thieren).

Bei der ersten Gruppe handelte es sich zunächst um eine zweckmässige, mit möglichst wenig Blutverlust verbundene Durchschneidung des Rückenmarkes am ersten Halswirbel. Diese erreichten wir auf folgende Weise: Nachdem die Nackenmuskeln doppelt unterbunden und durchschnitten waren, legte man den hinteren Bogen des Atlas blos, bohrte in denselben, vermittelst eines Trepans ein kleines Loch, durchschnitt das Rückenmark vermittelst eines sichel- oder lanzettartigen Messerchens, und tamponirte die Schnittfläche mit Penghawer-Jambi. Wie die nachfolgenden Sectionen erwiesen, erfolgte unter solchen Umständen keine Blutung in den Rückenmarkskanal. Nun wurden die Sympathici (Die Durchschneidung des Halssympathicus in diesen Versuchen ist eigentlich überflüssig, da, wie ich mich überzeugt habe, dieser Nerv weder direct [Nawrocki, Ueber die Einwirkung des Rückenmarkes aufs Herz. l. c. S. 239], noch reflectorisch [Kubicki, Ueber die Einwirkung der N. splanchnici aufs Herz. Arbeiten des Warschauer physiologischen Laboratoriums. Heft I. S. 79. 1870, russisch] irgendwelche Einwirkung auf die Häufigkeit der Herzschläge ausübt), Vagi und Depressores durchschnitten, und das Bändchen in oben beschriebener Weise um die Brustaorta herumgeführt. Wir gaben dieser Methode der Blutdrucksteigerung den Vorzug, weil wir damit eine grössere oder geringere Blutdruckerhöhung erzielen konnten, wenn wir den Daumen der linken Hand gegen das Rückenmark anstemmten, und mit der rechten Hand die frei aus dem Thorax heraushängenden Enden des Bändchens mehr oder weniger anzogen. Es war auch möglich, auf diese Weise den Blutdruck entweder schnell auf das Maximum zu bringen, oder ihn allmählich zu erhöhen.

Wir sahen in diesen Versuchen, die zum grössten Theile an Katzen angestellt wurden, dass, wenn auch im Laufe des mitunter über eine Stunde dauernden Experimentes Schwankungen des Pulses vorkamen, selbst die extremsten Blutdruckschwankungen keinen evidenten Einfluss auf die Pulszahl zeigten. Dabei darf man nicht vergessen, dass alle Versuche an curaresirten Thieren angestellt wurden, und dass, wie bekannt, es nicht ganz leicht ist, die Dosis des Giftes so zu reguliren, dass dadurch alle Unregelmässigkeiten des Pulses vermieden würden.

Ungeachtet mancher ungünstiger Verhältnisse haben wir jedoch in einer sehr grossen Anzahl von Versuchen, trotz bedeutender Blutdruckschwankungen, die Anzahl der Pulse vom Anfang bis zum Ende des Versuches constant erhalten; kleine Variationen können ja ohnedem bedingt sein: durch den doch nicht absolut regelmässigen Gang des Kymographion und durch die nicht immer mit der wünschenswerthen, mathematischen Genauigkeit auszuführende Berechnung der vom Versuchsthiere gezeichneten Curven. Uebrigens lässt sich trotz aller Cautelen der thierische Organismus schwer in so gleichmässigen Zustand versetzen, dass er, wie eine gute astronomische Uhr, keine sichtbaren Schwankungen der periodischen Functionen zeigen dürfte. Alle die Zufälligkeiten, welche einige Forscher zu der Ansicht geführt haben, dass das stark gefüllte Herz langsamer arbeite, die anderen hingegen zu dem Ausspruche bewogen, dass mit dem Steigen des arteriellen Blutdruckes die Frequenz der Pulse wächst, lassen sich, wie in der allgemeinen Statistik, durch eine sehr grosse Anzahl genügend lange fortgesetzter Beobachtungen eliminiren. Als Beispiel wollen wir aus der umfangreichen Arbeit von Mokrizky drei Versuche (die Resultate dieser Versuche sammt den Kymographionzeichnungen sind bereits Anfang Juli 1872 in der physiologischen Gesellschaft zu Leipzig mitgetheilt worden) anführen. Die laufenden Nummern (oben links) bedeuten die Papierblätter, die nach und nach auf die Trommel des Kymographions geklebt wurden; + vor den Blutdruckzahlen bedeutet Zuklemmen der Brustaorta, — Lüften derselben, wobei gewöhnlich das eine oder das andere Ende des Bändchens etwas herausgezogen wurde, + und — zwischen den Blutdruckzahlen bedeutet ein allmähliches Steigen oder Fallen des Blutdruckes.

Versuch III. Katze.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 1. 106	19, 19	Nr. 2. 106	20, 20, 20	Nr. 3. 108	20½, 20½, 20, 20, 20½, 21
— 90	19, 19, 20, 20	+	20	+	20, 21
— 104	20	+ 180	20, 20, 20	+ 188	21, 20, 20½, 21
+	20, 21	—	20	— 90	21½, 21
+ 196	21, 21, 21	— 110	20, 20½, 21, 20, 20	— 80	21, 21
—	21, 21, 20	+	20	+	20, 21
+ 140	20½, 20½, 20½	+ 190	19½, 19	+ 180	20½, 20½, 21
+	20	+ 180	19, 19, 20, 19½, 20		
+ 180	20, 20, 20, 20, 20, 20	—	19		
—	20	— 110	20		
+	20	+	21, 21, 21½, 22		
+ 160	20½, 21, 21	+ 124	20½, 21		
+ 140	21, 21	+ 196	20½, 21		
		— 90	20, 21		

Versuch IX. Ein junger Hund.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden.
Nr. 1. 52	22, 22, 22, 22
+	22, 22, 22
+ 144	22, 22
— 40	21, 21½, 22, 22
— 70	22, 22
+ 132	21, 21, 21, 21
— 32	21½, 22, 22
+ 144	22, 22, 21½, 21½
Nr. 2. 40	24, 24, 24, 24
+	23½, 23, 23
+ 124	22, 21, 21⅓
— 28	21½, 21½
+	22, 23, 23
+ 136	24, 23½
—	22½, 22
— 30	21½, 22½
+	22½, 22½
+ 152	23, 23
+ 168	23, 22

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden.
Nr. 3. 32	23, 23
+	22½, 22½
+ 116	22, 22, 22, 22, 22
— 30	22, 22½, 22½
+	23, 23, 22
+ 144	22, 22
—	22, 22½
— 34	23, 23
+	24, 24, 24
+ 164	22, 22, 23, 23, 23, 23, 22
— 36	23, 23, 23
Nr. 4. 26	23, 23, 23
+	23, 22, 22, 22
+ 104	21, 20
—	20
— 30	21, 22, 22
+	21½, 22, 22
+ 136	21½, 22, 22
— 38	22, 22½, 23, 24
+	24, 23
+ 176	22, 22, 22, 22
— 40	23, 23½, 24, 24, 23½
— 76	24, 23, 23, 23
— 56	23, 22½, 22½, 22½.

Versuch XII. Kaninchen.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 1. 60	24, 24, 24
56	24, 24
+	25
+ 130	25
+ 140	25, 24½
— 68	26, 25
— 50	24½
— 40	24½
— 56	24, schwache Bewegungen des Thieres
— 70	24
+	24
+ 136	23, 23½, 24/2, 24
— 50	25
— 40	25
— 50	26
+ 136	26, 24½
+ 140	23, 23
— 40	23, 23, 23, 23½
— 70	23, schwache Bewegungen des Thieres
— 84	25, 23, 24½
— 60	24
— 56	24, 25

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 2. 48	24, 24, 23½, 24, 23½, 24, 24
+	24, 24
+ 108	24, 24, 24
— 50	24
— 40	23½, 23½
+	22, 22, 23½, 23, 24
+ 148	24, 24
— 50	26
+	24, 25, 24½
+ 140	25, 25½
— 80	24

Ausserdem will ich noch übersichtlich, in einer Tabelle zwei derartige Versuche mittheilen.

Versuch I. Katze.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
30	21, 21, 21, 21
56	22, 22, 21, 20, 20½
66	21, 21, 21, 21
70	21, 21, 20, 21, 20, 21
80	20½, 22, 22, 22
92	20½
96	21, 21½
100	21½, 20½, 20, 20, 21
108	21½, 22
120	21, 19, 19
140	21, 21, 21, 21, 22, 21, 21
144	22, 22, 22, 21, 21, 21, 21
160	21, 21, 21½, 22½, 22½, 21
172	19, 19½, 19½
184	22, 22½, 22½

Versuch X. Hund.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
40	19½, 19½, 20, 20, 19½, 19½
44	20
48	19
52	19, 19½, 20, 21
54	18½
56	20½, 20, 20, 20, 19, 19½
58	19, 19
60	21, 21, 20½
68	20, 21
70	20
74	18½, 18½
78	19, 19
80	19
84	19, 19
88	19, 18½
94	20½, 20½, 20½
100	19, 20
136	19, 19
140	20½, 20, 20, 21, 20
144	19, 19½
146	20
152	20½, 20½
160	19, 19, 19
164	20
170	20, 20

Diese Versuche zeigen, dass, abgesehen von zufälligen Unregelmässigkeiten, die Häufigkeit der Herzschläge an und für sich von der Höhe des arteriellen Blutdruckes ganz unabhängig ist; aus den Kymographionzeichnungen ist nur ersichtlich, dass, je höher der Blutdruck, desto grösser die Pulsexcursionen sind. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Ph. Knoll (Ueber die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystems, sowie bei Steigerung des intracardialen Druckes überhaupt. Sitzungsberichte der Wiener Akademie vom 18. Juli 1872. Separatabdruck), nach Versuchen an Kaninchen, in denen er, nach Durchschneidung des Halsmarkes, der Vagi, Sympathici und Depressores, den Blutdruck durch Compression der Bauchaorta, oberhalb der Arteria coeliaca steigerte. Er sah in diesem Falle nur eine deutliche Erhöhung

der Pulswellen auftreten, sagt deshalb S. 19: „Wird eine Steigerung des Blutdruckes bei durchschnittenem Halsmarke und durchschnittenen Halsnerven (Vagus, Sympathicus, Depressor) herbeigeführt, so ist, abgesehen von den unregelmässigen Herzschlägen, mit derselben von vorneherein niemals eine Aenderung in der Frequenz des Herzschlages verknüpft."

Zur Controle haben wir in einigen Versuchen den Blutdruck an so zubereiteten Thieren durch Injection von frischem, bis auf die Körpertemperatur erwärmtem Blute in das arterielle System gesteigert. Da jedoch nach Untersuchungen von Panum (Experimentelle Untersuchungen über die Transfusion, Transplantation und Substitution des Blutes in theoretischer und praktischer Beziehung. Virchow's Archiv, Bd. 27, 1863, S. 254) fremdartiges Blut im Thierorganismus schnell der Zersetzung unterliegt: eine Thatsache, die auch neulich von A. Jakowicki in einer unter A. Schmidt's Leitung in Dorpat verfertigten Preisarbeit (Beitrag zur Physiologie der Bluttransfusion. Denkschriften der Warschauer medicinischen Gesellschaft. Jahrgang 1874. Heft 1. S.15, polnisch) bestätigt wird, so nahmen wir zu unseren Versuchen frisches defibrinirtes Blut, das kurz vorher einigen Thieren derselben Gattung entzogen worden war. Wir führen einen derartigen Versuch hier an:

Versuch XLVII Katze, curaresirt, Rückenmark am ersten Halswirbel, Vagi und Sympathici durchschnitten. Linke Carotis stand mit dem Manometer in Verbindung, durch die rechte Carotis wurde Blut injicirt.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden.
Nr. 1.	
Vor der Blutinjection	
190	24, 24
160	24
150	24, 24
140	24, 23, 21, 22, 22
120	21, 22, 21, 20. 21, 20, 21, 20
100	20, 20, 20, 19, 20, 19
Es wurden in die Carotis dextra 40 Cctm. Blut langsam eingespritzt	
+ 110	20
+ 90	19
+ 120	20½
+ 130	20½
+ 140	20, 20½, 20½
+ 150	20
Ende der Einspritzung; der Blutdruck steigt schnell auf	
172	20½, 20½
174	20
160	21, 21½, 21, 21, Herzschläge sehr schwach
168	21, 22
176	23, 22, 23, 23, 23, 22, 23, 23, 24, 24

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 2.	
156	22, 21, 20, 20½
144	20, 20, 20
130	20, 20, 20, 19, 20, 19
130	20, 19
Einspritzung von 40 Cctm. Blut	
+ 140	20, 19
+ 130	20, 19
+ 112	19½, 19
+ 140	19, 19
+ 144	19, 20
Ende der Einspritzung	
140	20, 20
160	20, 20, 20, 21, 20, 20, 20, 19, 20, 19, 19, 19, 19

Die Zahlen, vor denen das + Zeichen steht, bedeuten Veränderungen des Blutdruckes während der Einspritzung von Blut.

In diesem Versuche haben wir bei Nr. 1 eine kleine Beschleunigung der Pulszahl, als der Blutdruck von 168 auf 176 gestiegen ist; derartige Beschleunigungen haben wir oft beobachtet, sie stehen jedoch, wie wir uns überzeugt haben, mit der Höhe des Blutdruckes in keinem Zusammenhange, denn in solchen Fällen pflegt gewöhnlich, auch wenn in nächster Secunde der Blutdruck sinkt, die Pulszahl weiter zu steigen; alle Ziffern des angeführten Versuches zusammen genommen sprechen doch für die Unabhängigkeit der Pulszahl vom Blutdrucke. Uebrigens erachte ich es für überflüssig, mehr derartige Versuche hier anzuführen, da auch Worm Müller in seiner schätzenswerthen Arbeit: „Ueber die Abhängigkeit des arteriellen Druckes von der Blutmenge" (Arbeiten der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Jahrgang 1873. S. 159) bei Bluteinspritzungen in Thiere, denen die Vagosympathici und das Halsmark durchschnitten waren, zu denselben Resultaten, wie ich, gelangt ist. Er sah, dass während jeder Einspritzung die Excursionen des Pulses grösser wurden, die Frequenz jedoch zu allen Zeiten dieselbe blieb. Er sagt (l. c. S. 181): „Obwohl zuweilen eine spurweise Abnahme der Frequenz nicht zu verkennen war, z. B. während der ersten Einspritzung, so ist doch im Grossen und Ganzen die Frequenz fast unverändert geblieben. Hierdurch werden die Beobachtungen bestätigt, denen zufolge nach der Durchschneidung des Halsmarkes und der Nn. vago-sympathici die Frequenz unabhängig von der Steigerung des Blutdruckes ist."

Wir gehen zur zweiten Gruppe unserer Versuche über, in denen blos die Vagi und Sympathici durchschnitten waren, dagegen das Halsmark intact geblieben ist, wo also das Herz sich noch unter dem Einflusse excitomotorischer Nervenfasern befand. Hierher gehören zunächst die Versuche Bernstein's (l. c.), in denen er, nach Durchschneidung der Vagi, durch Injection von defibrinirtem Rindsblut in die A. cruralis von Hunden und Kaninchen eine Blutdrucksteigerung hervorbrachte. Er sah in diesem Falle keine Verminderung der Pulszahl, dieselbe blieb vielmehr meistens constant. Diesen Angaben stehen gegenüber die Versuche v. Bezold's (l. c.), in denen er an Kaninchen, deren Vagi und Halssympathici durchschnitten waren, eine der Verblutung und Blutdruckverminderung parallele Zunahme der Pulsfrequenz beobachtete; ferner die Versuche von Ph. Knoll (l. c.), der behauptet, dass, wenn das Rückenmark unversehrt ist, die Steigerung des intracardialen Druckes durch Compression der Bauchaorta mit einer mässigen Verlangsamung des Herzschlages verknüpft ist.

Bereits in meiner Arbeit über „den Einfluss des Blutdruckes auf das Centrum der Nn. Vagi" (Warschauer Universitätsnachrichten, 1870. Nr. 3. S. 302, russisch) bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass der Blutdruck gar keinen Einfluss auf die excitomotorischen Fasern ausübe. Ich sah weder nach Durchschneidung der Vagi und des Rückenmarkes zwischen dem dritten und vierten Brustwirbel, bei Blutdrucksteigerung durch Compression der Brustaorta (ohne Eröffnung der Brusthöhle), noch nach alleiniger Durchschneidung der Vagi, bei Verminderung des Blutdruckes durch Verblutung, irgend welche Veränderungen in der Pulszahl vor sich gehen. Weiter verfolgte ich diese Frage, zum Theil mit Dr. Mokrizky, zum Theil allein. Ich suchte zunächst den Blutdruck herabzusetzen: durch Blutungen, Durchschneidung der Splanchnici oder Reizung des N. depressor. Es mögen hier zunächst Platz finden drei Versuche mit Verblutung nach vorgängiger Durchschneidung der Vagi und Sympathici.

Versuch XXIV. Kleiner Hund.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden.
Vor der Blutung	
136	21½, 21, 21, 21, 21, 21
120	21, 21, 21
126	22, 22, 22, 2, 22, 22, 22, 23, 22, 21½
Blutung aus Art. cruralis sin., die 3′ 36″ dauerte	
120	22
116	22

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
112	22
104	22½, 22½, 23
100	23
96	24, 24
90	24, 24
80	23, 23, 23
70	23, 23, 22, 23, 22½, 22½, 22, 23, 22½, 23, 22

Versuch XXVII. Katze.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Vor der Blutung		80	26, 25
160	24½, 23, 23½, 24, 24½	Ende der Blutung	
Erste Blutung aus Art.		68	25
cruralis sinistra.,		60	24½
dauerte 108"		56	25½
160	25, 24½, 25, 25, 25	50	24½
156	25, 25, 25, 25, 25, 25	48	25½
140	25½, 25, schwache Bewegungen	40	25
	des Thieres	Dritte Blutung wäh-	
160	25	rend 1'	
168	25	90	25, 25
150	25½	44	25
140	25	60	25, 25
130	25, 25½	50	25, 25
126	25	46	25
Ende der Blutung		56	25
140	25½, 25	46	26
136	26, 26	44	26
140	26½, 27½, 26, 26½	30	24
Zweite Blutung wäh-		Ende der Blutung	
rend 1'		36	25
120	26, 26	44	24
114	26, schwache Bewegungen des	Vierte Blutung bis ans	
	Thieres	Ende des Versuches	
Blutdruck schwankt		44	24
zwischen 120 und		36	24½, 23½
90	26	8	20, Tod des Versuchsthieres

Versuch XLI. Kaninchen.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Vor der Blutung		84	26
140	28	80	25, 25, 25
148	27, 27	72	25, 25, 25
140	27, 27½	68	25, 25
144	27	56	25, 25
138	27	48	25, 25
130	26	42	25, 24
Allmähliche Verblutung		40	24, 24, 24, 25
aus Art. crural. sinistra		36	25, 25, 25, 25
136	25½, 25½, 25½, 25½, 25½	30	25, 25, 25
130	26½, 26, 26	18	25½, 24
124	27, 27	12	24, 24
120	28, 27	6	22½, 22, 21½
110	26½, 26½	4	21, 20½
96	26, 26, 26	0	Tod des Versuchsthieres

Die Durchschneidung der Splanchnici, behufs Blutdruckerniedrigung wurde nach Asp's Methode von hinten gemacht; da wir jedoch, wie die nachfolgenden Versuche lehren, nicht schnell eine bedeutende Herabsetzung des Blutdruckes erzielten, so beschränkten wir uns auf nur wenige derartige Versuche.

Versuch L. Katze.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
160	18½, 19, 18
190	18, 19
170	18
Durchschneidung der Nn. splanchnici	
120	19, 18½, 18½, 18½, 19, schwache Bewegungen des Thieres
140	19, 18
130	19, 18, 18, schwache Bewegungen des Thieres

Versuch LI. Katze.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
174	19, 18, 18½, 17, 18, 18, 19
194	18½, 18½
180	18
Durchschneidung der Nn. splanchnici	
168	18½, 18, 18, 17
160	17
134	18, 17
140	17, 16½
126	16½, 17, 17
120	17½, 17½, 17, 18, 17, 17, 17, 17

Ferner suchte ich den Blutdruck durch Reizung des Depressor, nach vorgängiger Durchschneidung der Vagi herabzusetzen. Auch in diesem Falle sah ich, wie nachfolgende Versuche zeigen, trotz fallenden Blutdruckes, die Pulszahl constant bleiben. (+ vor den Zahlen bedeutet Reizung des Depressor.)

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
I. Kaninchen, curaresirt		III. Kaninchen, ohne Curare.	
116	21	98	25, 25
132	21	+ 50	24, 24, 24
+ 110	21	80	25
+ 98	21	120	25
+ 94	21	122	25
+ 60	21	+ 50	24½
II. Kaninchen, curaresirt.		118	25
150	29	100	24½
142	29	+ 50	24½, 24½
+ 110	29		
+ 110	29	IV. Katze, curaresirt.	
164	30	155	18½
160	30	157	18½
150	30	150	19½
150	30	+ 140	19½
+ 110	29	+ 110	19, 19
140	29	160	19
150	29½	+ 110	19
140	30	+ 100	19
+ 110	29		
138	30		

Da bei Katzen nur selten der Depressor als besonderer Nerv vorkommt, so benutzte ich bei diesen Thieren den N. Vagus zu diesem Zwecke, der, nach den Beobachtungen von N. Kowalewsky und Adamuk (l. c.), constant Depressorfasern besitzt. Wiewohl ich durch Reizung des centralen Endes des einen Vagus (sowohl dieser, als der andere waren durchschnitten) den Blutdruck bis auf die Hälfte herabgesetzt hatte, blieb die Pulszahl constant.

Um den Blutdruck bei erhaltenen excitomotorischen Fasern zu steigern, haben wir, nach Durchschneidung der Vagi, verschiedene sensible Nerven (Ischiadicus, Auricularis anterior, Cruralis, Aeste des Plexus brachialis u. s. w.) gereizt.

Versuch LIII. Katze, curaresirt.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 1.		Nr. 2.	
170	19½, 20	100	19½, 19½, 20
130	20½, 20, 20½	Reizung des Ischiadicus	
Durchschneidung des Ischiadicus		200	19
220	20½, 21, 22	220	21
200	22, 21, 21	Ohne Reizung	
170	22, 20, 21	140	21, 19, 19½
Reizung des Ischiadicus		Reizung des Ischiadicus	
224	21	220	20, 20½, 21
240	21½, 21½, 21½	Ohne Reizung	
250	21½	194	20, 21
Ende der Reizung		140	19, 21, 20
196	21, 21, 21	Reizung des Ischiadicus	
		184	20, 19
		200	20, 20, 20
		Ohne Reizung	
		150	19½, 19½
		140	20, 19, 20, 19
		120	20, 19½, 19½

Ferner haben wir ausser den Vagi das Rückenmark am zweiten Brustwirbel durchschnitten, und, behufs der Blutdrucksteigerung, den unteren Abschnitt des Rückenmarkes elektrisch gereizt.

Versuch LVIII. Katze, curaresirt.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Vor der Reizung 76	22, 20½
70	22, 20, 21, 19, 19
Reizung des Rückenmarkes. Blutdruck steigt allmählich bis zu	20, 20, 22, 20, 22
170	21, 22, 21, 22, 22, 21, 22
Ohne Reizung; der Blutdruck fällt allmählich bis zu	22, 22, 22, 22, 22, 21, 20½, 21, 21½, 21
100	21, 21½, 21, 21½, 22, 21

Da bei dieser Versuchsanordnung leicht Stromschleifen auf den oberen Abschnitt des Rückenmarkes übergehen und die excitomotorischen Fasern direct reizen können, da ferner bereits v. Bezold unter diesen Verhältnissen keine Zunahme der Pulszahl bemerkt, so beschränkten wir uns auf eine verhältnissmässig geringe Anzahl derartiger Versuche.

Es wird hier die Bemerkung nicht überflüssig sein, dass, wenn auch die näheren Bahnen der excitomotorischen Nerven an der Katze noch nicht so genau studirt sind, wie beim Kaninchen (v. Bezold und Bever, Nawrocki) und beim Hunde (Schmiedeberg), ihre Existenz sich doch leicht nachweisen lässt. Wenn wir, nach Durchschneidung der Vagi und des Rückenmarkes am zweiten Brustwirbel, den oberen Abschnitt des Halsmarkes bei Katzen reizten, so sahen wir constant die Pulszahl von 11 auf 15 Schläge innerhalb 6 Secunden steigen, während der Blutdruck unverändert blieb.

Am zweckmässigsten schien uns auch in diesem Falle, nach Durchschneidung der Vagi, Sympathici und des Rückenmarkes am zweiten Brustwirbel, die Steigerung des Blutdruckes durch Compression der Brustaorta zu erzielen.

Versuch LXIII. Katze.

Die Zeichen + und — bedeuten Unterbindung und Lösung der Brustaorta.

Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden	Blutdruck in Mm. Hg	Pulszahl während 6 Secunden
Nr. 1.		Nr. 2.		Nr. 3.	
90	22, 21, 22, 21	80	21, 22, 22	80	21, 21, 21, 21, 21, 21
+	22	+	21	+	21, 21
+ 240	21½, 21	+ 130	21, 21	+ 154	21
—	19	— 90	21, 20, 21, 20, 21	+ 190	21, 20
— 90	19	+	20	—	19
— 100	20, 20, 20, 20	+ 220	21, 20, 20	— 70	19, 20, 20, 21, 20
+	20½	—	20	+	21
+ 174	20½, 20, 20	— 90	19, 21	+ 210	21½, 21
+ 180	20, 20	+	21	+ 200	20
+ 160	20	+ 220	20, 20	+ 170	20
+ 140	19½	— 80	19, 20	— 60	19, 20, 20, 21
— 100	20½, 21	+	20	+ 210	21
+ 110	21½.	+ 210	19	+ 160	21
+ 140	21½	+ 190	21½	+ 140	20
+ 168	22	+ 160	19	+ 130	19, 19½, 19½
+ 190	21	— 80	18, 19, 19, 20		
+ 220	20, 21	— 100	20		
—	20	+ 160	20, 20		
— 110	20, 21, 21, 21	+ 140	20, 20		

Schliesslich muss ich noch bemerken, dass ich bei Versuchen, in denen, nach Durchschneidung der Vagi bei intactem Rückenmarke, nach vorhergegangener Blutentziehung oder ohne dieselbe, defibrinirtes Blut in die Art. carotis injicirt wurde, keine directe Abhängigkeit der Pulszahl vom Blutdrucke nachweisen konnte.

Die angeführten Versuche berechtigen mich wohl zu der Behauptung, dass, wenn auch das Herz sich noch unter dem Einflusse excitomotorischer Fasern befindet, der Blutdruck an und für sich keinen Einfluss auf die Pulszahl ausübt.

Was nun die dritte Gruppe meiner Versuche anbetrifft, so kann ich mich kurz fassen, da alle Forscher darin einverstanden sind, dass, so lange die Vagi intact geblieben, mit steigendem Blutdrucke der Puls seltener, dagegen mit fallendem häufiger wird. Diese Thatsache hat zunächst Bernstein nachgewiesen, indem er durch Einspritzung von Blut in das arterielle System von Hunden und Kaninchen den Druck erhöhte, durch Blutungen minderte. Asp (Beobachtungen über Gefässnerven. Arb. aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig. 1867. S. 167) sagt, „dass die Pulsverlangsamung, welche während der Reizung an dem peripheren Stumpfe des Splanchnicus eintritt, einzig und allein von der durch diese Reizung herbeigeführten Steigerung des Blutdruckes abhängig, sei.“ Weiter finden wir bei Ph. Knoll (l. c. S. 17): „In drei Fällen, wo bei durchschnittenem Halsmarke und intacten Vagis experimentirt wurde, war neben den Unregelmässigkeiten des Herzschlages eine deutliche Verlangsamung desselben, bei Steigerung des Blutdruckes bemerkbar. Dass diese Verlangsamung auf Rechnung einer durch die Drucksteigerung herbeigeführten Vagus-Erregung zu schreiben sei, ging daraus hervor, dass der verlangsamte Herzschlag alsbald genau auf seine frühere Zahl wieder anstieg, als bei comprimirter Aorta beide Vagi durchschnitten wurden, während keine Beschleunigung des Herzschlages beobachtet werden konnte, wenn die Nn. Vagi, bei durchschnittenem Halsmarke und nicht comprimirter Aorta durchschnitten wurden.“

Meine in russischer Sprache publicirten Versuche über den Einfluss des Blutdruckes auf das Vaguscentrum (Warschauer Universitätsnachrichten 1870. Nr. 3. S. 324) ergaben: „dass der Blutdruck durch Vermittelung der Nn. vagi die Pulszahl verändern kann: die Steigerung des Blutdruckes erhöht den Tonus der Nn. vagi, und verlangsamt in Folge dessen den Puls, die Herabsetzung des Blutdruckes hingegen vermindert diesen Tonus und führt eine schnellere Schlagfolge des Herzens herbei.“

Als Beispiel führe ich hier einen solchen Versuch am curaresirten Kaninchen an, in dem der Blutdruck nach Durchschneidung des Rückenmarkes am zweiten Halswirbel durch Compression der Brustaorta gesteigert wurde.

Blutdruck in Mm. Hg.	Pulszahl während 6 Secunden
55	40
Klemmung der Aorta thoracica	
100—110	38—34
Ohne Klemmung 45—40	45—48
Klemmung 105—145	39—25
Ohne „ 65— 60	39—44
Klemmung 130	25—24
Ohne „ 100—90—80	42
Klemmung 130	26—23
Ohne „ 60— 45	40—44
Klemmung 90—105	31—23
Ohne „ 45	45

Entsprechend diesem Versuche beobachteten wir an Kaninchen, Katzen, Hunden mit intacten Vagis, bei denen der Blutdruck durch Blutungen herabgesetzt wurde, eine stetige Zunahme der Pulszahl. Am evidentesten lässt sich diese Thatsache an Hunden nachweisen. Mokrizky (l. c. Versuch XLV) sah, dass, während im Anfange des Versuches, bei 184 Mm. Blutdruck im Mittel auf 6—6 ½ Pulse 6″ kamen, sobald nach Blutung ex v. jugul. dext. exter. der Blutdruck auf 140 Mm. gefallen war, die Pulszahl auf 15—16 gestiegen ist. Als im weiteren Verlaufe des Versuches der Blutdruck auf 120—100 Mm. gesunken, ist die Pulszahl sogar auf 24 gestiegen.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass wir unsere heutige Kenntniss vom Einflusse des Blutdruckes auf den Herzschlag in dieselben Worte zusammenfassen können, die Professor Ludwig in seinem Vortrage: „Die physiologischen Leistungen des Blutdruckes.“ (Leipzig 1865. S. 11) bereits ausgesprochen hat: „Auch die unwillkürlichen Bewegungen . . . des Herzens . . . stehen unter der Herrschaft des Blutdruckes im Hirn. Am bestimmtesten und einfachsten wirkt er auf das tonische Organ, in welches diejenigen Nerven einmünden, welche unter dem Namen der herumschweifenden bekannt sind. Dieses empfindet . . . den steigenden Druck niemals als Hemmung, sondern immer als Erregung, und grade dadurch ist das Hirn im Stande, innerhalb weiter Grenzen seinen Blutdruck selbst zu regeln; denn nach der bemerkenswerthen Entdeckung von Eduard Weber besänftigt die steigende Erregung des herumschweifenden Nervenstammes den Herzschlag und also auch den überfluthenden Hirnstrom.“

UEBER DIE „DIGITALINWIRKUNG" AM HERZMUSKEL DES FROSCHES

VON

DR. O. SCHMIEDEBERG.

Bekanntlich bringen die wirksamen Bestandtheile des rothen Fingerhutes am Froschherzen zunächst eigenthümliche, unregelmässige, sogenannte peristaltische Contractionen, und schliesslich einen Stillstand des Ventrikels in so vollständiger systolischer Stellung hervor, dass die Höhlung des letzteren durch Berührung seiner Innenwandungen gänzlich zum Schwinden gebracht wird. Die Vorhöfe, die später als der Ventrikel ihre Contractionen einstellen, nehmen dabei, wenn sie nicht durch Blut ausgedehnt sind, eine Stellung an, von der es schwer ist zu sagen, ob es sich um eine Systole, Diastole, oder um keines von beiden handle.

Seitdem diese Thatsache durch die Untersuchungen von Kölliker und Pelikan bekannt geworden ist, hat man eine grössere Anzahl von Substanzen kennen gelernt, die alle in der gleichen Weise diese Digitalinwirkung am Froschherzen zu erzeugen im Stande sind.

Es gehören zu diesen Herzgiften der Digitalingruppe zunächst drei wirksame Bestandtheile des rothen Fingerhutes, und zwar: das Digitalin, Digitaleïn und Digitoxin (Untersuchungen über die pharmakologisch wirksamen Bestandtheile der Digitalis purpurea L. Archiv f. experim. Path. u. Pharmak. Bd. III. S. 16. 1874), ferner das Antiarin, das Helleboreïn (Marmé, Zeitschr. f. ration. Medicin. 3 R. XXVI. 1), das Convallamarin (Marmé, Götting. Nachrichten. 1867), und zwei von mir isolirte, aber bisher nicht genauer chemisch untersuchte Oleanderbestandtheile, von denen das Oleandrin in seinen Eigenschaften Aehnlichkeit mit dem Digitalin hat, während das Neriin dem Digitaleïn näher zu stehen scheint. Auch die Tanghinia venenifera Poiret (Kölliker und Pelikan), das Kombigift (Fraser, On the Kombi Arrow-Poison [Strophantus hispidus DC.]. Proceedings of the R. Soc. of Edinburgh. Session 1869—70), sowie das wenig gekannte afrikanische

Pfeilgift Inée oder Onage (Pelikan, Compt. rend. Juin 1865), deren wirksame Bestandtheile noch nicht isolirt sind, gehören dieser Gruppe von Giften an.

Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich zunächst nur auf die Wirkung der genannten Digitalis- und Oleanderbestandtheile, des Antiarins und Convallamarins. Doch unterliegt es keinem Zweifel, dass auch die übrigen ein gleiches Verhalten zeigen werden. Zur Bezeichnung der durch diese Substanzen am Froschherzen hervorgebrachten Veränderungen kann vorläufig der Ausdruck Digitalinwirkung dienen.

Man hat jenen systolischen Herzstillstand fast allgemein von einer Herzlähmung abgeleitet, eine Auffassung, gegen die sich nichts einwenden lässt, insofern der Begriff Lähmung auf die Functionslosigkeit eines ganzen, complicirten Organs bezogen wird; denn es kommt in diesem Falle nur die unmittelbar zur Anschauung gelangende Thatsache zum Ausdruck, dass das Herz seine Thätigkeit eingestellt hat. Wenn man dagegen unter Lähmung jenen Zustand insbesondere der nervösen und muskulösen Organelemente verstehen will, in welchem die Empfänglichkeit der letzteren für Reize entweder in verschiedenen Abstufungen vermindert oder gänzlich aufgehoben ist, so gibt jener systolische Stillstand des Herzens zunächst keinen Aufschluss über die Functionsfähigkeit seiner einzelnen anatomischen oder physiologischen Elemente. Denn die Lähmung der unmittelbar wahrnehmbaren Function eines derartigen Organs braucht bekanntlich nicht von einer Lähmung seiner Elementarorgane abzuhängen. Die Art und Weise, wie jener Herzstillstand unter verschiedenen Bedingungen zu Stande kommt, sowie mancherlei andere Erscheinungen deuten von vorne herein darauf hin, dass derselbe keinesweges als Folge einer Lähmung des Herzmuskels oder anderer Organe des Herzens aufzufassen sei.

Neufeld (Heidenhain, Studien des physiol. Instituts zu Breslau. 3. Th. S. 97. 1863), der diesen Stillstand bereits als Herztetanus ansah, gelang es, den durch das Antiarin bedingten „Herzkrampf“ durch Anwendung der Blausäure zu lösen, ja sogar für eine Zeit lang wieder regelmässige Pulsationen hervorzurufen. — Man kann sich in der That leicht davon überzeugen, dass bei dem Zustandekommen jenes Stillstandes des Ventrikels und der Vorhöfe zunächst keinerlei Art von Lähmung im Spiele sei.

Wenn nach der Injection einer der genannten Substanzen die dem Herzstillstand vorausgehende Peristaltik sich gut ausgebildet hat, so dauert es bis zum Eintritt des ersteren in der Regel nicht mehr lange, indem der Herzmuskel erst an der einen, dann an der anderen Stelle sich nicht wieder ausdehnt, bis der ganze Ventrikel und schliesslich auch die Vorhöfe, selbst bei elektrischer Reizung keine Spur von Bewegung mehr zeigen. Letzteres gilt für die Vorhöfe nur dann, wenn sie nicht durch Blut ausgedehnt sind.

Führt man jetzt eine Canüle durch die Hohlvene in die Vorhöfe ein, fixirt sie durch Umschnüren der Stelle zwischen Sinus und Vene und lässt darauf unter wachsendem Drucke eine passend verdünnte Kochsalzlösung oder mit letzterer verdünntes Kaninchen- oder Schweinsserum in das Herz einströmen, sodass Kammer und Vorhöfe ausgedehnt werden, so treten bei einem gewissen Grade der Ausdehnung regelmässige, kräftige Contractionen beider Abschnitte des Herzens ein, die bei nicht zu grossen Gaben des Giftes und einer guten Beschaffenheit der zur Ausdehnung verwendeten Flüssigkeiten längere Zeit fortbestehen können. Das Herz verhält sich, abgesehen von der durch die Ausdehnung bewirkten Gestaltveränderung, anscheinend wie ein normales. Hört die Ausdehnung auf, so kehrt es häufig unmittelbar, zuweilen erst nach mehreren Schlägen in den früheren Zustand der systolischen Ruhestellung zurück, um bei wiederholter Ausdehnung in derselben Weise in Pulsationen zu gerathen. Erst nach grösseren Gaben des Giftes, besonders wenn man sie direct auf das Herz applicirt, stellt sich eine Lähmung des letzteren in dem Sinne ein, dass selbst durch die stärkste Ausdehnung keine Pulsationen hervorgerufen werden können.

Indessen kommt dieser systolische Herzstillstand nicht unter allen Bedingungen in der beschriebenen typischen Weise zu Stande. Es hat auf seinen Charakter zunächst die Froschart einen nicht unbedeutenden Einfluss, indem jene rasch eintretende feste Systole sich regelmässig nur an der Rana temporaria beobachten lässt, während an der Rana esculenta zur Erzeugung eines vollständigen Herzstillstandes nicht nur grössere Mengen des Giftes erforderlich sind, sondern auch der Ablauf der ganzen Erscheinung sich etwas abweichend gestaltet.

Meist werden bei kleineren Gaben die Ventrikelcontractionen unregelmässiger und bedeutend flacher, so dass neben einer wenig starken Peristaltik und ohne erhebliche Veränderungen der Pulsfrequenz die Systolen länger, die Diastolen kürzer und unvollständiger ausfallen. Durch grössere Mengen des Giftes gelingt es zwar auch an dieser Froschart einen systolischen Ventrikelstillstand hervorzurufen, der aber selbst in solchen Fällen häufig kein ganz vollständiger ist, indem ein rhythmischer Wechsel zwischen einer dunkleren und helleren Färbung der Kammer auf das Fortbestehen schwacher Pulsationen der letzteren hindeutet. Doch darf man diesen Zustand nicht mit jenem verwechseln, bei welchem durch fortdauernde Contractionen der stärker mit Blut gefüllten Vorhöfe der stillstehende Ventrikel in rhythmischer Folge mechanisch ausgedehnt wird.

Ferner vermisst man den festen systolischen Stillstand auch an der Rana temporaria, wenn ermüdende oder lähmende Einflüsse auf den Herzmuskel eingewirkt haben. In Folge eines derartigen Eingriffes gelang es, wie erwähnt, Neufeld, den durch das Antiarin bedingten Herzkrampf zu lösen. Aehnliches

beobachtete H. Köhler (Ueber den Antagonismus der physiologischen Wirkungen des Saponin und Digitalin. Arch. f. exper. Path. u. Pharmak. Bd. I. S. 138) nach der Anwendung des den Herzmuskel lähmenden Saponins. Wie das letztere wirken auch andere lähmende Muskelgifte. Den gleichen Erfolg haben alle Momente, welche einen lähmungsartigen Zustand oder eine Ermüdung und Erschöpfung des Herzmuskels herbeiführen, z. B. längere Zeit dauernde Blutleere. In solchen Fällen tritt eine mehr oder weniger ausgebildete Peristaltik, und schliesslich bei genügenden Gaben des Giftes eine Lähmung des Herzmuskels, aber kein fester systolischer Ventrikelstillstand ein.

Es muss noch bemerkt werden, dass auf die beschriebene Gestaltung der Erscheinungen bei der Ausdehnung des vergifteten Herzens die gute Beschaffenheit des hierzu verwendeten Serums von grossem Einfluss ist.

Auf die Herzen niederer Thiere scheinen die Gifte dieser Gruppe keinen Einfluss auszuüben, wenigstens liess sich am Herzen des Flusskrebses eine Veränderung seiner Function durch dieselben nicht hervorbringen.

Dieser systolische Stillstand am Froschherzen, wie er sich namentlich an der Rana temporaria gestaltet, lässt sich durch blosse Füllung des Herzens mit Serum, d. h. durch die Entfernung der Ventrikelwandungen von einander, nicht aufheben; die Pulsationen stellen sich erst dann ein, wenn der Druck, unter dem die Ausdehnung erfolgt, einen gewissen Grad erreicht hat. Je stärker die Giftwirkung ist, desto grösser muss im Allgemeinen der Druck sein, um das Herz in den diastolischen Zustand überzuführen und zu Pulsationen zu veranlassen. Zuweilen ist dazu eine Flüssigkeitssäule von mehr als 0,5 Meter erforderlich. Diese Thatsache schliesst auch die Annahme aus, dass es sich um eine Wirkung des zur Ausdehnung verwendeten Serums oder der Kochsalzlösung handle. Allerdings bleiben diese Flüssigkeiten nicht ohne Einfluss auf das Herz. Hier, wie in den Versuchen von Luciani (Arb. aus d. physiol. Anst. zu Leipzig 1872. S. 162) wird durch dieselben, besonders durch das Serum, die Pulsfrequenz gesteigert. Man kann sich von dieser Thatsache in solchen Fällen überzeugen, in denen an der R. esculenta nach kleineren Gaben des Giftes neben der völlig ausgebildeten systolischen Stellung des Ventrikels die erwähnten, kaum sichtbaren rhythmischen Contractionen des letzteren sich erhalten haben. Die Pulsfrequenz zeigt hierbei keine wesentliche Abweichung von der normalen; sie ist meist etwas verlangsamt. Nach dem Einleiten des Serums erfährt sie dagegen eine sehr nennenswerthe Steigerung. Es kann daher angenommen werden, dass die automatischen Centren durch diese Gifte keine Reizung erfahren, und dass daher der systolische Herzstillstand kein Tetanus im Sinne von Luciani sei. Die Pulsationen werden nur oberflächlich, weil der Muskel den von jenen Apparaten ausgehenden auto-

matischen Impulsen wohl nur in Bezug auf die Frequenz seiner Zusammenziehungen, nicht aber gleichzeitig auch in Bezug auf den Umfang derselben zu folgen im Stande ist.

Dieses Verhalten der Pulsfrequenz bei der Digitalinwirkung schliesst ferner eine Betheiligung derjenigen Vorrichtungen im Herzen aus, durch deren Vermittelung bei Reizung der zugehörigen im Vagus verlaufenden Fasern eine Beschleunigung der Pulsfrequenz und eine Art von tetanischem Zustand des Herzens hervorgerufen werden. Es müsste in diesem Falle bei regelmässiger Herzthätigkeit die Pulsfrequenz wachsen unter Verstärkung der systolischen Stellung des Herzens auf Kosten der diastolischen. Dagegen findet, wie erwähnt, keine derartige Veränderung der Pulsfrequenz, dagegen aber jene als Peristaltik bezeichnete Unregelmässigkeit der Herzthätigkeit statt. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich davon abzuleiten, dass bei der Vergiftung nicht von vorne herein alle Theile des Ventrikels gleichmässig jenen Veränderungen unterliegen, die später zum systolischen Stillstand führen. Bevor der letztere eintritt, werden die Herzcontractionen häufig wieder regelmässig, was stets zu geschehen pflegt, wenn es überhaupt nicht zum völligen Aufhören derselben kommt. Auch die quergestreiften Muskeln des Skelettes erleiden bei ihrer Vergiftung durch Muskelgifte keineswegs eine an allen Partien gleichmässig fortschreitende Veränderung. Handelt es sich dabei um eine Lähmung, so kann man häufig an demselben Muskel gelähmte und erregbare Stellen nachweisen, selbst wenn man die Application des Giftes an einem entfernten Körpertheil vorgenommen hat. Das lässt sich z. B. bei der Vergiftung mit dem Digitoxin beobachten, welches neben der Herzwirkung im höheren Grade als die übrigen Glieder dieser Reihe die Eigenschaft besitzt, eine Lähmung der Skelettmuskeln hervorzurufen.

Wenn man demnach auf Grund der mitgetheilten Thatsachen gezwungen ist, bei der Digitalinwirkung als ausschliessliche Ursache des systolischen Herzstillstandes eine directe Muskelveränderung anzunehmen, so fragt es sich weiter, wie jene aufzufassen sei, worin ihr Wesen bestehe. Es kann dabei zunächst an zwei Möglichkeiten gedacht werden, entsprechend den beiden Haupteigenschaften des Muskels. Entweder ist beim Zustandekommen des systolischen Herzstillstandes die Contractilität oder die Elasticität im Spiele. Im ersteren Falle würde es sich um einen Tetanus handeln, bei dem die Erregung, von welcher die dauernde Muskelcontraction abhängt, nicht von den automatischen Centren ausgeht, sondern durch das Gift direct am Muskel zu Wege gebracht wird. Es erscheint eine solche Annahme nicht sehr wahrscheinlich, gegenüber der Thatsache, dass der Muskel jene Eigenschaft, die ihn nach der Vergiftung besonders auszeichnet und von welcher offenbar der systolische Stillstand abhängt, unverändert beibehält, nachdem er vollständig die Fähigkeit eingebüsst hat, Pulsationen auszuführen:

es ist das Bestreben, den möglichst hohen Grad der Verkürzung einzunehmen. Es zeigt sich in diesem Verhalten kein Unterschied an dem bereits abgestorbenen gegenüber dem noch lebensfähigen Ventrikelmuskel. Letzterer lässt sich nach wie vor im hohen Grade ausdehnen und kehrt beim Nachlass des Druckes, wie eine Kautschukblase, aber weniger rasch in den früheren Zustand der stärksten Zusammenziehung zurück, so dass dabei die Innenwandungen des Ventrikels sich wie vorher wieder berühren. Erst allmählich nimmt er die bekannten Eigenschaften eines unter anderen Bedingungen abgestorbenen Ventrikelmuskels an: er wird schlaffer, lässt sich weit weniger ausdehnen und kehrt nicht so vollständig in die frühere Ruhelage zurück.

Ein Erregungszustand und ein davon abhängiger Tetanus des Ventrikels lässt sich mit diesem Verhalten schwer in Einklang bringen. Es hat vielmehr den Anschein, als ob unter dem Einfluss jener Gifte die Elasticität des Muskels, ohne Abnahme der Vollkommenheit grösser geworden sei, und als ob mit der Zunahme derselben der selbstständige Uebergang des letzteren in den diastolischen Zustand immer mehr behindert werde, bis auch die genannten künstlichen Eingriffe ihn nicht mehr zu Wege zu bringen im Stande sind. Vielleicht wirken die muskellähmenden Gifte diesem Zustand dadurch entgegen, dass sie die Elasticität des Muskels herabsetzen. Ein durch derartige Gifte, z. B. Saponin, Apomorphin, die neutralen Doppelsalze des Kupfers u. a., gelähmtes Herz ist schlaff und mehr oder weniger ausgedehnt, so dass es gerade das entgegengesetzte Verhalten von dem eines Digitalinherzens zeigt.

Wie weit die Annahme gerechtfertigt ist, dass am letzteren eine Veränderung der elastischen Kräfte die Ursache des tetanusartigen Zustandes sei, wird sich erst mit Hülfe genauerer Messungen der Elasticitätsverhältnisse des vergifteten und unvergifteten Herzmuskels mit einiger Sicherheit entscheiden lassen.

Vielleicht würde die genauere Kenntniss dieser Verhältnisse dazu beitragen, einen Einblick mehr in die Molecularphysiologie des Herzmuskels zu gewinnen.

Wenn man erwägt, dass z. B. 1/10 Milligr. Digitoxin und noch geringere Quantitäten Antiarin, bei subcutaner Application am Schenkel, den systolischen Herzstillstand hervorzubringen im Stande sind, und dass bei gleicher Vertheilung des Giftes im Gesammtorganismus höchstens 1/2000 Milligr. davon, wahrscheinlich aber noch weit geringere Mengen durch ihre Gegenwart im Herzen so wesentliche Abweichungen von dem normalen Verhalten seiner Muskelsubstanz veranlassen, so muss man zu der Ueberzeugung kommen, dass die Wirkung solcher Gifte, falls man dabei von Fermentwirkungen absehen will, nicht in einer chemischen Umwandlung oder Umsetzung der contractilen Substanzen bestehen könne, sondern dass eine Aenderung der molecularen Constitution des Muskels die Grundlage seiner veränderten

Eigenschaften bilde. Man kann sich vorstellen, dass die Reihe der Substanzen, aus denen die Muskelfaser zusammengesetzt ist, wie Protoplasmastoffe, Wasser, Salze u. a., und deren gegebenes gegenseitiges Moleculargleichgewicht das unveränderte Fortbestehen der physiologischen Functionsfähigkeit bedingt, durch das Hinzutreten jener geringen Digitoxinmengen um ein neues Glied vermehrt werde, welches, vermöge gewisser Eigenschaften, das frühere Moleculargleichgewicht stört — was durch die veränderten Elasticitätsverhältnisse einen greifbaren Ausdruck gewinnt —, und dadurch jenen systolischen Stillstand veranlasst.

Solche Vorstellungen, die keineswegs den Rang einer Hypothese beanspruchen dürfen, können dennoch eine präcisere Fragestellung bei der Erforschung der als Giftwirkungen bezeichneten Vorgänge ermöglichen. Die letzteren haben durchaus nichts Specifisches, denn sie können in den meisten Fällen auch unter anderen Bedingungen eintreten, wie das bei der uns interessirenden Herzwirkung nach vorläufigen bisher noch nicht weiter verfolgten Beobachtungen der Fall zu sein scheint.

Wenn sich die Annahme bestätigt, dass eine Veränderung der Elasticität mit jenem systolischen Herzstillstand im ursächlichen Zusammenhang steht, so würde sich daraus der Satz ergeben, dass auch im Herzmuskel die Elasticität und Contractilität neben einander einhergehen, dass aber die Aeusserung der letzteren von der ersteren wesentlich beeinflusst werden kann.

Berichtigungen.

Seite XCVI Zeile 13 v. o. lies getrockneter, statt geordneter.
„ XCIX „ 7 v. o. lies Stoffe, statt Masse.
„ CXXXIII „ 11 v. o. lies in den Hals derselben, statt in den Hals desselben.

Verzeichniss der Schüler von Herrn Professor Ludwig.

Name	Stand	Wohnort	Termin der Arbeit unter Leitung C. Ludwig's.

I. Im physiologischen Institute zu MARBURG.

Name	Stand	Wohnort	Termin
Mogk, C. W. F.	Dr. med., Generalarzt a. D. in Niederländ. Ostindien	München	1842—1844.
Gerling, Ludwig	Dr. med., pract. Arzt	Augusta, St. Charles County, Missouri	1843—1847.
Schwarzenberg, Conrad	Dr. med., pract. Arzt	Cassel	1843/44, 1847/48.
Baumgarten, August	Dr. med., pract. Arzt	Schoeningen (Braunschweig)	1843.
Spengler, †	Dr. med., Badearzt, gest. 1867	Ems	1843/44.
Hoffa, Moritz	Dr. med., District Surgeon	Richmond, Cp. d. g H.	W. 1845—S. 47. S. 1849.
Gerau,	Dr. med., Arzt	New-York	1845/46.
Biel, †	Dr. med., Redacteur d. geneal. Kalenders	Gotha	1845.
Wild, Friedrich	Dr. med., pract. Arzt, Obermedicinalrath	Cassel	W. 1845/46. W. 46/47. S. 47.
Fick, Adolf	Dr. med., Professor der Physiologie	Würzburg	Ost. 1847—H. 1849 i. Mrbg. O. 1852—H. 1855 i. Zürich.
Eckhard, Conrad	Dr. phil. u. med., Prof. der Anatomie und Physiologie	Giessen	W. 1847/48—Ende S. 1849.
Loebell, Carl Eduard	Dr. med., pract. Arzt	Frankfurt a/M.	Winter 1848/49.
Weber, C., †	Dr. med., pract. Arzt, gest. 1870	Frankf. a/M.	1849.
Noll, Friedrich Wilh.	Dr. med., pract. Arzt, Stadtphysicus, Director des Stadtkrankenhauses	Hanau	1849.

II. Im physiologischen Institute zu ZÜRICH.

Name	Stand	Wohnort	Termin
Beutner, Adolf	Dr. med., pract. Arzt	Landau i. d. Rheinpf.	1850.
Rahn-Meyer, H. Conrad	Dr. med., pract. Arzt	Zürich	Sommer 1850.
Cloëtta, Arnold	Dr. med., Prof. d. Arzneimittellehre	Zürich	1850/51.
Becher, Emil	Dr. med., Surgeon Major British Army medic. Depart. Pathologist at Altenstreet Comp.	London	1850—1853.
Weinmann, J. Alb.	Dr. med., Oberstlieutenant im eidgen. Sanitätsstabe	Zürich	1851/52.
Meyer, Lothar	Dr. med. et phil., Prof. d. Chemie am Polytechnicum	Carlsruhe	Ostern 1851—O. 1853.
Kierulf, F., † 1874	Expeditionschef f. d. Medicinalwesen	Christiania	S. 1852.

Name	Stand	Wohnort	Termin der Arbeit unter Leitung C. Ludwig's.
du Bois-Reymond, Paul	Dr. phil., Prof. der Mathematik	Tübingen	1852 und 1853.
Westphal, Carl	Dr. med., Prof. d. Psychiatrie u. Nervenkrankh., dirig. Arzt a. d. Charité	Berlin	1852 und 1853.
Brunner, Gustav	Dr. med., Privatdoc. f. Ohrenheilkunde	Zürich	1852/53.
Goll, Friedrich	Dr. med., Doc. f. Pharm. u. Laryngosk.	Zürich	1852/53.
Haffter, W.	Dr. med., pract. Arzt u. Bezirksarzt	Weinfelden (Thurgau)	W. 1852—S. 1853.
Peyer, Johann, †	Dr. med., Arzt	Flaach (Schweiz)	W. 1852/53.
Krause, Wilhelm	Dr. med., Prof. d. path. Anatomie	Göttingen	S. 1855.

III. Im physiologischen Institute der k. k. Josephs-Akademie zu WIEN.

Name	Stand	Wohnort	Termin
Schwanda, Mathias	Dr. med., a. ö. Prof. d. med. Physik	Wien	W. u. S. 1855 u. 56.
Jaschkowitz, Eduard	Dr. med., kön. Sanitätsrath	Berlin	S. 1856. W. 1856/57.
Brettauer, Josef	Dr. med., Primaraugenarzt, Präsident dse Aerztecollegium des Bürgerhospitals, k. k. Sanitätsrath	Triest	1856/57.
Kupffer, Carl	Dr. med., Prof. der Anatomie	Kiel	W. 1856/57.
Jendrassik, Andreas Eug.	Dr. med., a. ö. Prof. der Physiologie	Budapest	1856/57.
Spiess, Alexander	Dr. med., pract. Arzt	Frankfurt a/M.	S. 1857.
Müller, Wilhelm	Dr. med., o. ö. Prof. der path. Anatomie	Jena	1857 und 1858.
Czermak, Johann, †	Prof. honor. der Physiologie, † 1873	Leipzig	1857.
Assam, †	Dr. med., Assist. a. d. k. k. Jos.-Akad., † als Militairarzt 1868	Graz	1857.
v. Recklinghausen, Frdr.	Dr. med., Prof. d. pathol. Anatomie	Strassburg	W. 1857/58.
Stefan, Josef	Dr. phil., Prof. der Physik	Wien	1858.
Setschenow, Johann	Dr. med., Prof. der Physiologie	Odessa	S. u. W. 1858 u. 1859.
Sczelkow, Johann	Dr. med., Prof. der Physiologie	Charkow	W. 1858/59. W. 1860/61.
v. Schöffer, Alexander	Dr. med., Prof. d. physiol. Chemie	Kiew	W. und S. 1859/60.
Einbrodt, †	Dr. med., ord. Prof. der Physiologie	Moskau	1859—60.
Kühne, W.	Dr. phil. u. med. hon., Prof. d. Physiologie	Heidelberg	1860/61.
Politzer, Adam	Dr. med., a. ö. Prof. d. Ohrenheilk.	Wien	1860—63.
Tomsa, Wladimir	Dr. med., Prof. der Physiologie	Kiew	1860—64.
Hermann, Max, †	Dr. med., † 1866	Deutsch Crone	1861.
Holmgren, Frithiof	Dr. med., Prof. der Physiologie	Upsala	W. 1861/62. F. 1862. T. 1864.
Seegen, Josef	Dr. med., Prof. der Medicin	Wien	W. 1861/62—1863.
Scheske, Rudolf	Dr. med., Oberarzt im allg. Krankenh.	Hamburg	W. 1862/63.
Preyer, W.	Dr. med., Prof. der Physiologie	Jena	Herbst 1862—H. 1863.
Zawarykin, Theodor	Dr. med., Prof. d. Histol. u. Embryologie	Petersburg	W. 1862/63.
Overbeck, Robert	Dr. med., Medicinalrath	Lemgo	1862/63.
Betz, Fl. Wladimir	Dr. med., Prof. der Anatomie	Kiew	1862.
Leber, Theodor	Dr. med., ord. Prof. d. Augenheilk.	Göttingen	S. 1863. W. 1863/64.
Kowalewsky, Nic. Th.	Dr. med., Prof. der Physiologie	Kasan	W. 1863/64. S. 1864. S. 1867 zu Leipzig.
Mac-Gillavry, Hendrik	Dr. med., Direct. d. Thierarzneischule	Utrecht	W. und S. 1863/64.
Thiry, †	Dr. med., Ass. am physiol. Inst. † 1865	Göttingen	1864.
Böttcher	Dr. med., Prof. d. pathol. Anatomie	Dorpat	
Nasse, Otto	Dr. med., a. ö. Prof. d. Physiologie	Halle a/Saale	W. 1864/65.

Name	Stand	Wohnort	Termin der Arbeit unter Leitung C. Ludwig's.

IV. Im physiologischen Institute zu LEIPZIG.

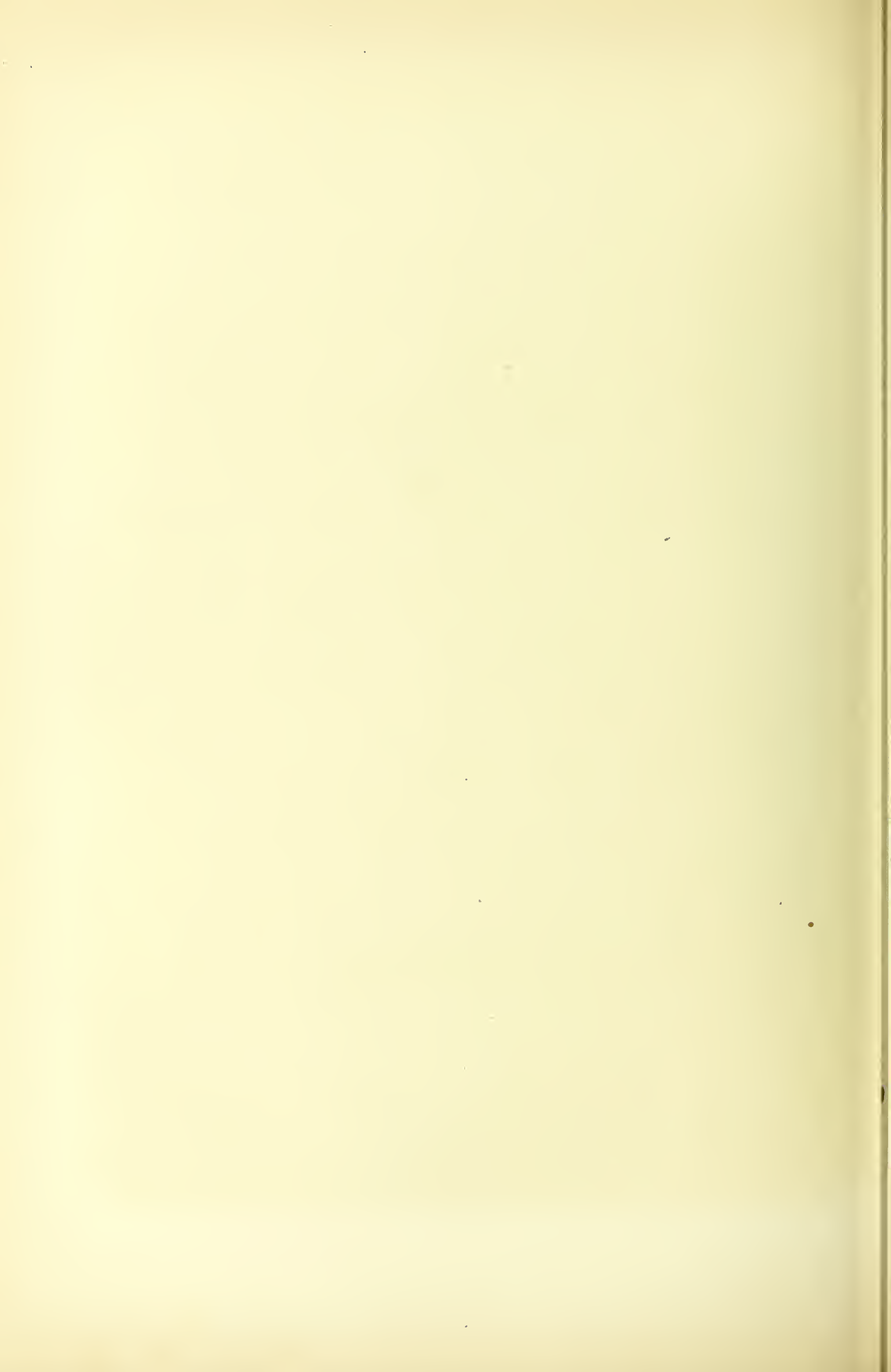
Name	Stand	Wohnort	Termin
Hering, Ewald	Dr. med., Professor der Physiologie	Prag	S. 1865.
Giannuzzi, Giuseppe	Dr. med., Prof. der Physiologie	Siena	S. 1865.
Dybkowsky, †	Dr. med., Prof. der Materia medica	Kiew	H. 1865.
Cyon, E.	Dr. med., Prof. d. Physiol. a. d. Universität u. med.-chirurg. Akademie	Petersburg	Aug. 1865—Aug. 66. S. 1867—Jan. 68.
Hüfner, Carl Gustav	Dr. med., Prof. der angewandt. Chemie	Tübingen	W. 1865/66. H. 1869—72.
Lovén, Christian	Dr. med., o. ö. Prof. der Physiologie	Stockholm	W. 1865/66.
Braune, Wilhelm	Dr. med., Prof. der topograph. Anatomie	Leipzig	1865—1874.
Schweigger-Seidel, F., †	Prof. f. Histologie a. phys. Inst., † 1871	Leipzig	1865—1871.
von Dogiel, Johann	Dr. med., o. ö. Prof. d. Pharmakologie	Kasan	S. 1866 und 1868.
Sanders-Ezn, H.	Dr. med.	Amsterdam	S. 1866—S. 1867.
Schmidt, Alexander	Dr. med., Professor der Physiologie	Dorpat	1866 und 1867.
Asp, Georg	Dr. med., Docent f. Physiol. u. Prosector	Helsingfors (Finnl.)	W. 1866/67, S. 67. W. 71/72.
Scheremetewsky, Theod.	Dr. med., Prof. für Physiologie	Moskau	S. 1867. W. u. S. 1868/69.
Prussak, Alexander	Dr. med., Adjunct-Prof. d. Ohrenheilk.	St. Petersburg	W. 1867/68.
Kronecker, Hugo, Carl	Dr. med., Privatdocent für Physiologie	Leipzig	seit Ost. 1868 als Arbeiter, seit Mich. 1871 als Assist.
Schmulewitsch, Jacob	Dr. med., Chef d. stat. Abth. d. med. Dep.	St. Petersburg	S. 1868.
Müller, Johann Jacob	Dr. med., Prof. d. Physik am Polytechn.	Zürich	W. 1868/69. H. 1869—H. 71.
Bernstein, Nathan	Dr. med., Docent für Anatomie	Odessa	W. 1868/69.
Coats, Joseph	M. D. Lecturer on Pathology, University	Glasgow	S. und H. 1869.
Bowditch, H. P.	M. D. Assist. Professor of Physiology	Boston Mass. U.S.A.	1869—1871.
Cohnheim, Julius F.	Dr. med., ord. Prof. d. pathol. Anatomie	Breslau	Herbstferien 1869.
Dittmar, C.	Dr. med., Privatdocent f. Psychiatrie	Bonn	1869 und 1872.
Ustimowitsch, C.	Dr. med., Docent a. d. med.-chir. Akad.	St Petersburg	Herbst 1869—1872.
Worm-Müller, Jacob	Dr. med., extraord. Prof. d. Physiol.	Christiania	Juni 1869—Juli 70. S. 1872.
Kutschin	Dr. med., Prof. der Histologie	Charkow	1869—70.
Miescher, Joh. Friedr.	Dr. med., ord. Prof der Physiologie	Basel	Oct. 1869—Juli 1870.
Mayer, Sigmund	Dr. med., a. ö. Prof. a. d. k. Univ.	Prag	Herbstferien 1869.
Quincke, Heinrich	Dr. med., Prof. der med. Klinik	Bern	Herbstferien 1869.
Sadler, Wilhelm	Dr. med., pract. Arzt	Kalinovo (Gouvern. Ekaterinoslav)	1868.
Brunton, T. Lauder	M. D. Sc. D. Lecturer on Materia medica in St. Bartholomews-Hospital	London	S. u. W. 1869/70.
Baxt, W.	Dr. med., pract. Arzt	Charkow	W. 1869/70 u. 70/71. S. 1871.
Tappeiner, H.	Dr. med., Assistent am pathol. Institut	München	W. 1869/70 und 71/72.
Ceradini, Julius	Dr. med., Prof. der Physiologie	Genua	S. 1870—W. 1871/72.
Owsjannikow, Philipp	Dr. med., Prof. d. Physiologie, Mitglied der Akad. der Wissenschaften	St. Petersburg	S. 1870 und 1873.
Genersich, Anton	Dr. med., ord. Prof. der pathologischen Anatomie	Klausenburg	Januar—Juni 1870.
Schmiedeberg, Oswald	Dr. med., Prof. der Pharmakologie	Strassburg	Februar—Septbr. 1870.
Hofmann, Franz	Dr. med., Prof. u. Dirig. d. path. Laborat.	Leipzig	S. 1870.
Přibram, Richard	Dr. med., Privatdocent f. Chemie	Prag	W. und S. 1870/71.
Lépine, R.	médecin des Hôpitaux	Paris	Mai—Juli 1870.
Rutherford, William	Prof. d. Physiol. am Kings College und Royal Inst.	Edinburgh	S. 1870.

Name	Stand	Wohnort	Termin der Arbeit unter Leitung C. Ludwig's.
Böhm, Rudolf	Dr. med., ord. Prof. der Pharmakol.	Dorpat	S. 1870–1871.
Hafiz, Mohammed	Dr. med., Prof. der Hygiène, ord. Arzt für Augenkrankh. a. d. med. Schule	Kairo	W. und S. 1870/71.
Lesser, K.	Dr. phil., Rittergutsbesitzer auf	Wilkowice (Posen)	W. 1870—72.
Hammarsten, Olof	Dr. med., Adj. d. med. u. phys. Chemie	Upsala	S. 1871.
Gerlach, Leo	Dr. med., Assist. am physiol. Institut	Heidelberg	S. 1871/72.
Moseley	Dr. med., Naturalist on H. M. Ship Challenger	London	1871.
Nawrocki, Felix	Dr. med., ord. Prof. der Physiologie	Warschau	S. 1871.
Heller, Arnold	Dr. med., Prof. d. pathol. Anatomie	Kiel	S. 1871.
Schwalbe, Gust. Alb.	Dr. med., Prof. der Anatomie	Jena	H. 1871—H. 1873.
Paschutin, Victor	Dr. med., a. Prof. f. vergl. Physiol.	Kasan	W. und S. 1871/72.
Haudelin, Eugen	Dr. med., Militairarzt	St. Petersburg	W. 1871/72.
v. Ajtai, Alexander	Dr. med., o. ö. Prof. f. allg. Pathologie, Pharmakologie und Pharmakognosie	Klausenburg	W. 1871/72.
Michel, Julius	Dr. med., Prof. der Augenheilkunde	Erlangen	W. 1871—W. 1872/73.
Slavjansky, Kronid	Dr. med., Privatdocent d. Geburtshülfe u. Gynaekologie a. d. med.-chir. Akad.	St. Petersburg	S. 1872. W. 1872/73.
Afonnasieff, †	Dr. med., Docent	Kiew	1872
Drechsel, Edmund	Dr. phil., Assistent am physiol. Institute	Leipzig	seit Michaelis 1872.
Fleischl, Ernst	Dr. med., Privatdocent f. Physiologie	Wien	W. 1872/73.
Luciani, Luigi	Dr. med., Docent f. pathol. Physiologie	Bologna	1872/73.
Hirschmann, Heinr.	Dr. med., Assist. d. Physiol. a. d. Univ.	Charkow	W. 1872/73.
Heger, Paul	Dr. med., Prof. der Physiologie	Brüssel	W. 1872/73.
Lankester, E. Ray	Fellow and Lecturer of Exeter College	Oxford	W. 1872.
Leopold, Gerhard	Dr. med., Privatdocent f. Gynaekologie	Leipzig	W. 1872/73. S. 1873 u. 74.
v. Mihalkovicz, Victor	Dr. med., Privatdocent f. Anatomie, Histologie und Entwickelungsgeschichte	Strassburg	W. 1872/73.
Stirling, W.	Dr. med. u. D. sc., Assist. a. physiol. Inst.	Edinburgh	W. 1872/73. W. 73/74. S. 74.
Baxt, N.	Dr. med., Privatdocent f. Physiologie	St. Petersburg	S. 1873 u. S. 1874.
Emminghaus, Hermann	Dr. med., Privatdocent f. Psychiatrie	Würzburg	S. 1873.
Woroschiloff, Konstant.	Dr. med., Militairarzt	St. Petersburg	Ost. 1873—Mich. 1874.
Flechsig, Paul	Dr. med., Assistent am physiol. Instit.	Leipzig	seit Herbst 1873.
Fuchs, Fr.	Dr. med., Privatdocent f. Physiologie	Leipzig	W. 1873/74.
Tschiriew, Sergei	Candidat, Magistrant der Universität	St. Petersburg	S. 1873 und S. 1874.
Lesser, Ladislas Leo	Dr. med., pract. Arzt	Berlin	W. 1873/74.
Röhrig, Armin	Dr. med., pract. Arzt	Kreuznach	W. 1873/74.
Bälz, Erwin	Dr. med., 1. Assistent a. d. medic. Klinik	Leipzig	1873/74.
von Basch, S. Ritter	Dr. med., Privatdoc. f. exp. Pathologie	Wien	W. 1873/74.
Mosso, Angelo	Dr. med.	Turin	W. 1873/74. S. 1874.
Minot, Charles Sedgwik	Stud. rer. nat.	Boston	W. 1873/74. S. 1874.
Rossbach, Mich. Joseph	Dr. med., a. Professor für Pharmakologie	Würzburg	Ostern 1874.
Tillmanns, Rob. Herm.	Dr. med., Privatdoc. für Chirurgie	Leipzig	S. 1874.
Tiegel, E.	Dr. med.,	Schaffhausen	S. 1874.
Budge, Albrecht	Dr. med., Assist. am anatom. Institut	Greifswald	S. 1874.
v. Kries, Nathanael	cand. med.	Leipzig	S. 1874.
v. Kries, Johann	cand. med.	Leipzig	S. 1874.

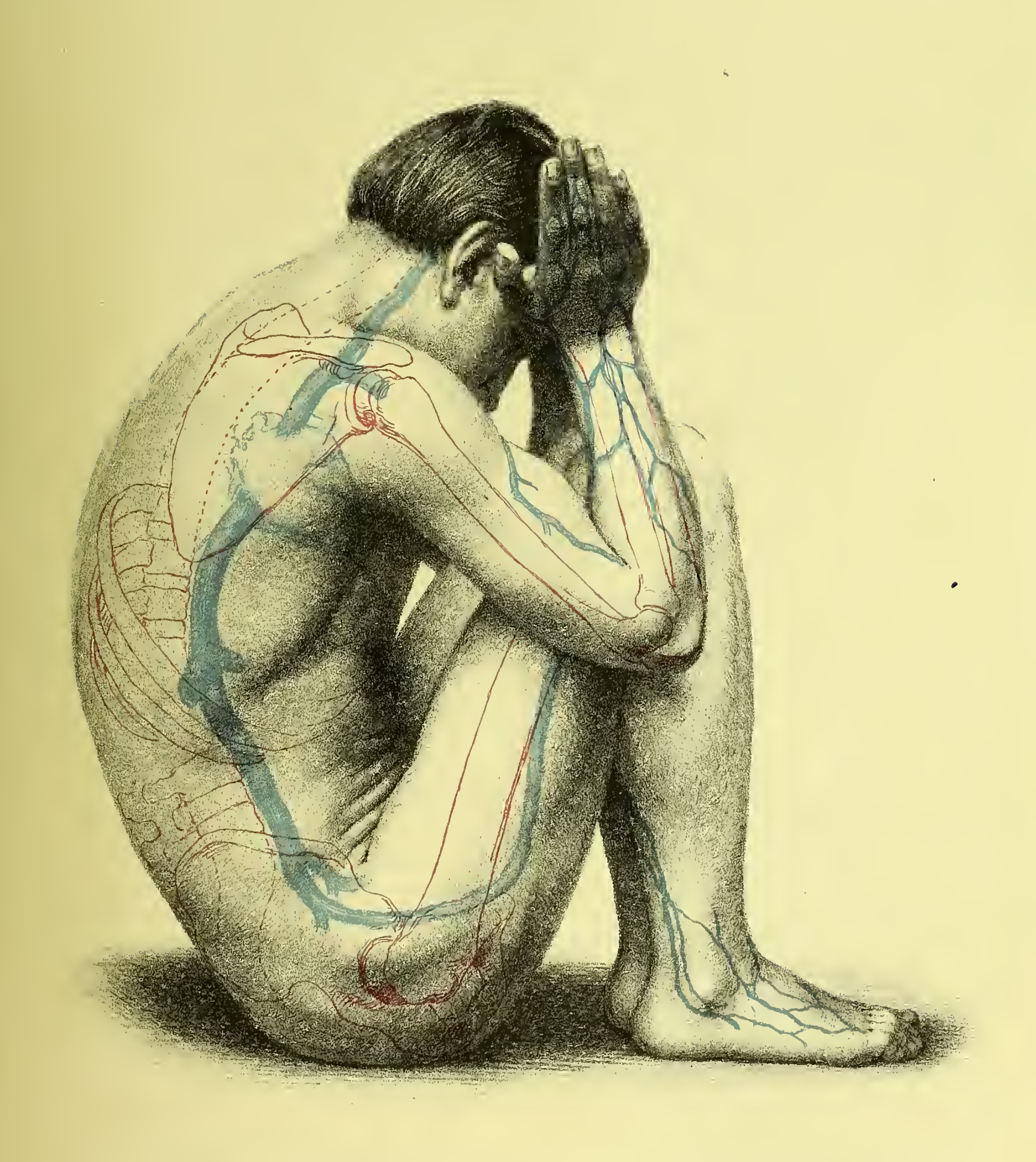
Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.



F C W Vogel

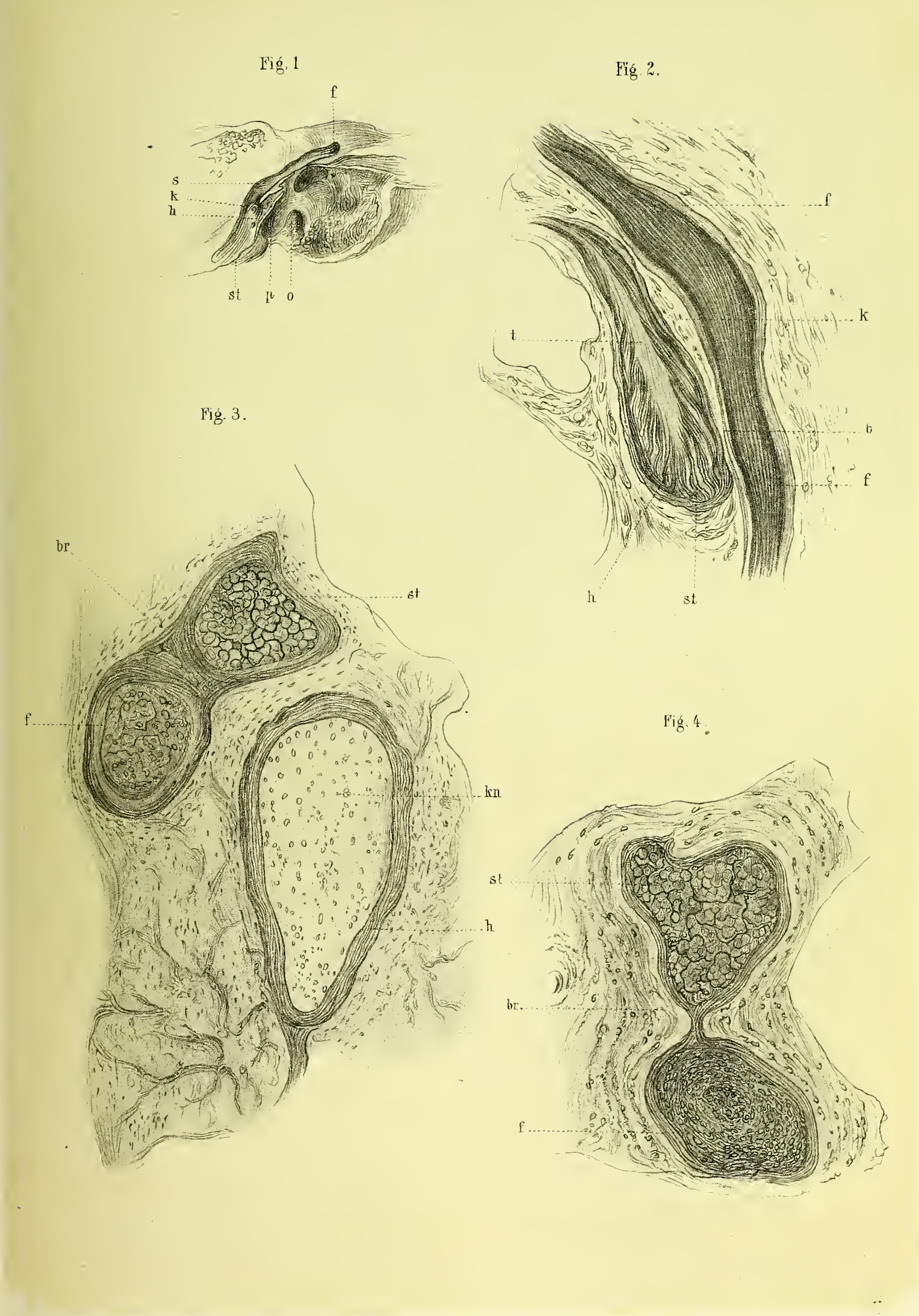


II

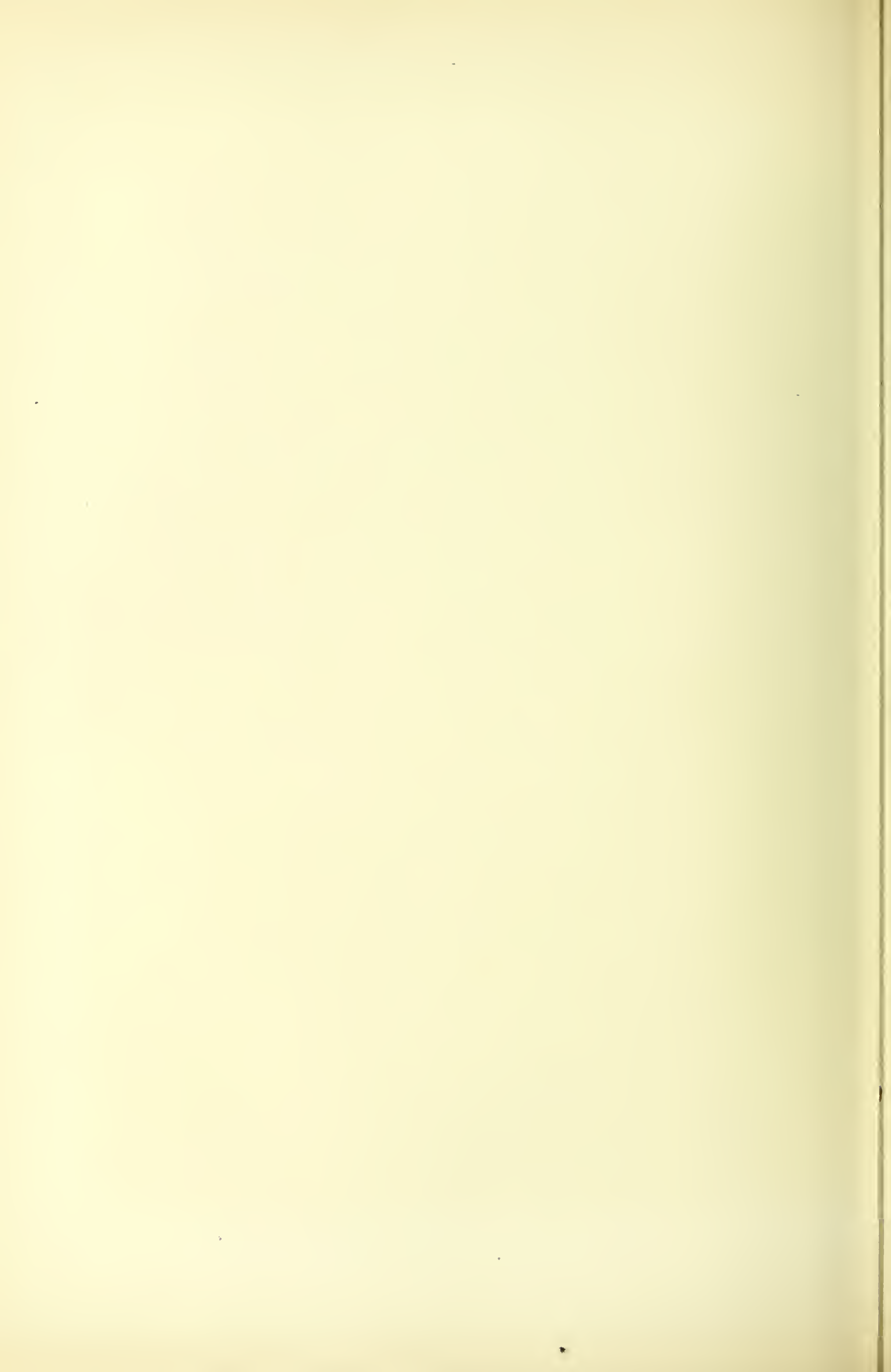


F C W Vogel

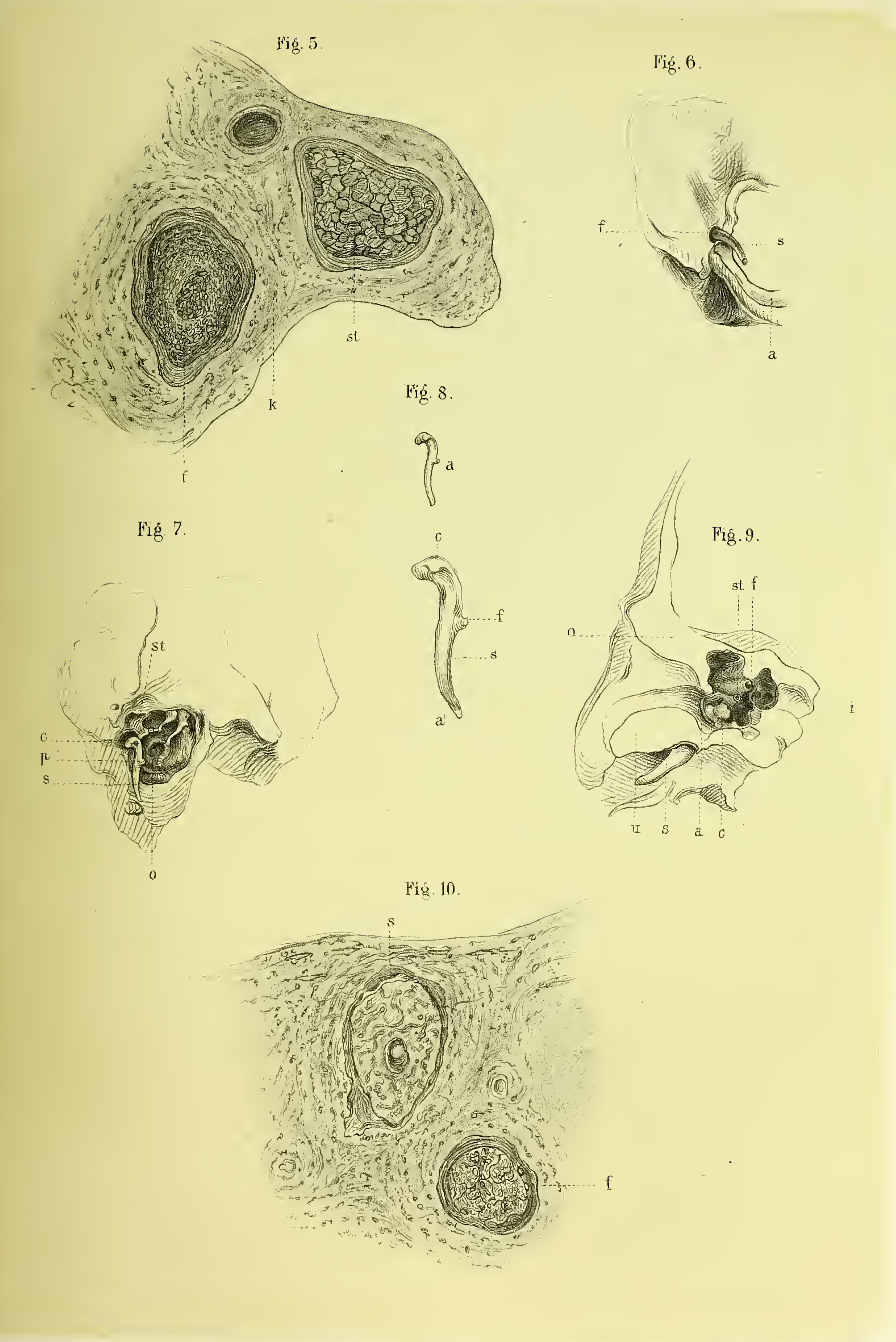




Verlag von F. C. W. Vogel, Leipzig.
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



IV.



Politzer

Verlag von F. C. W. Vogel, Leipzig.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig

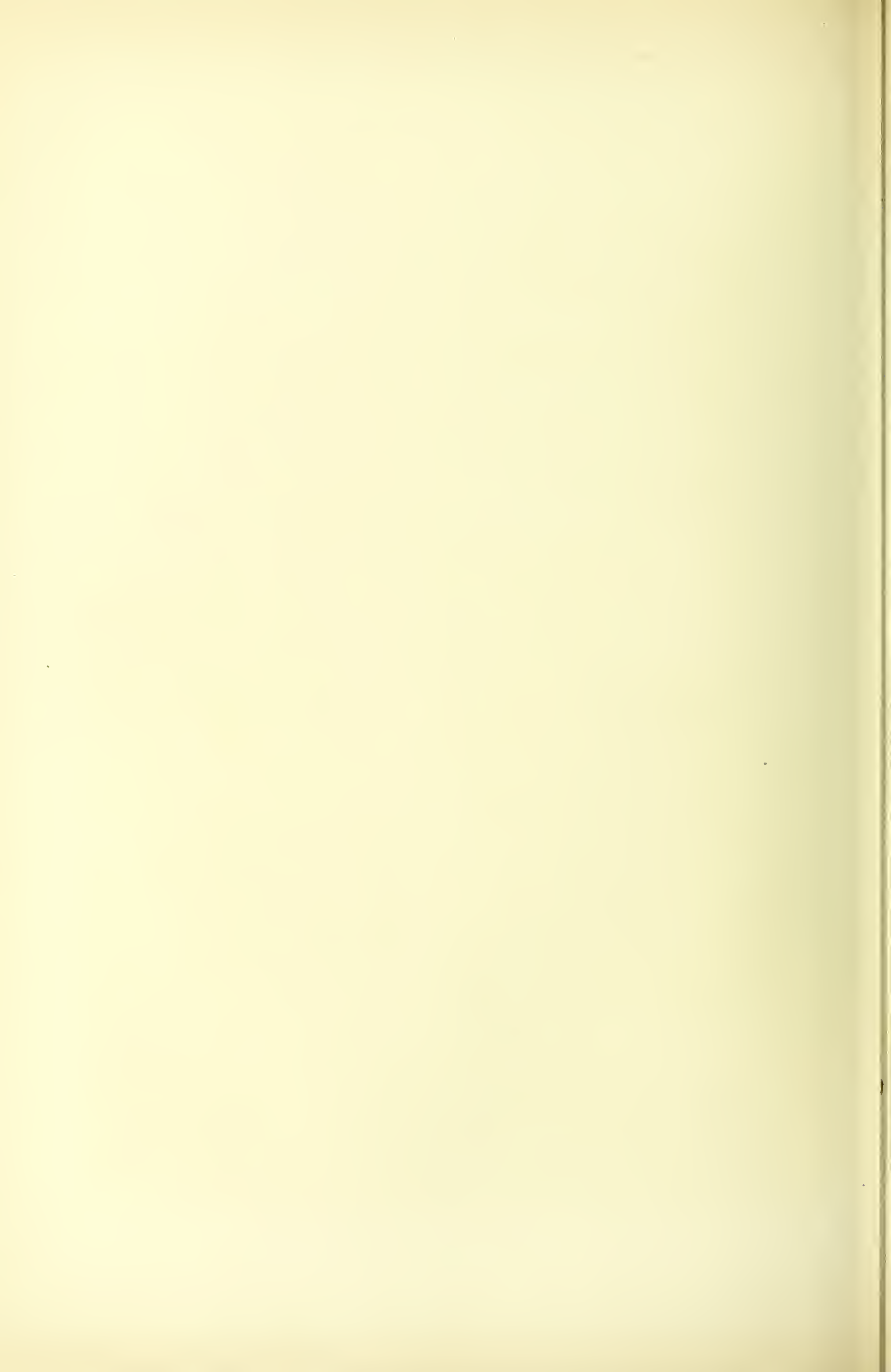


Fig. 1.

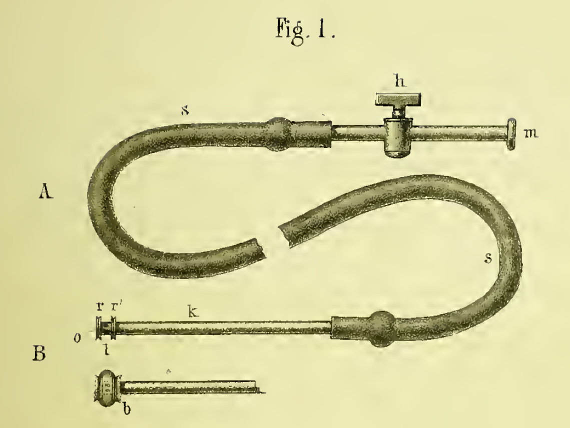


Fig. 2.

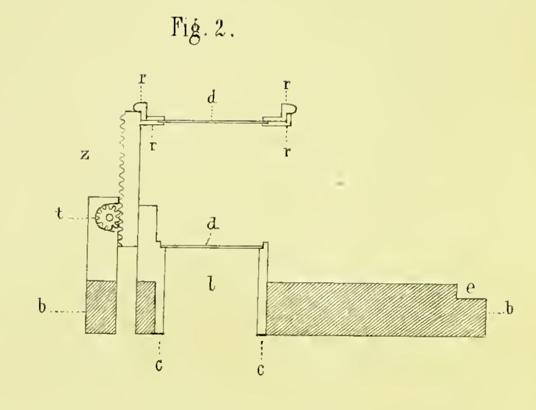


Fig. 4.

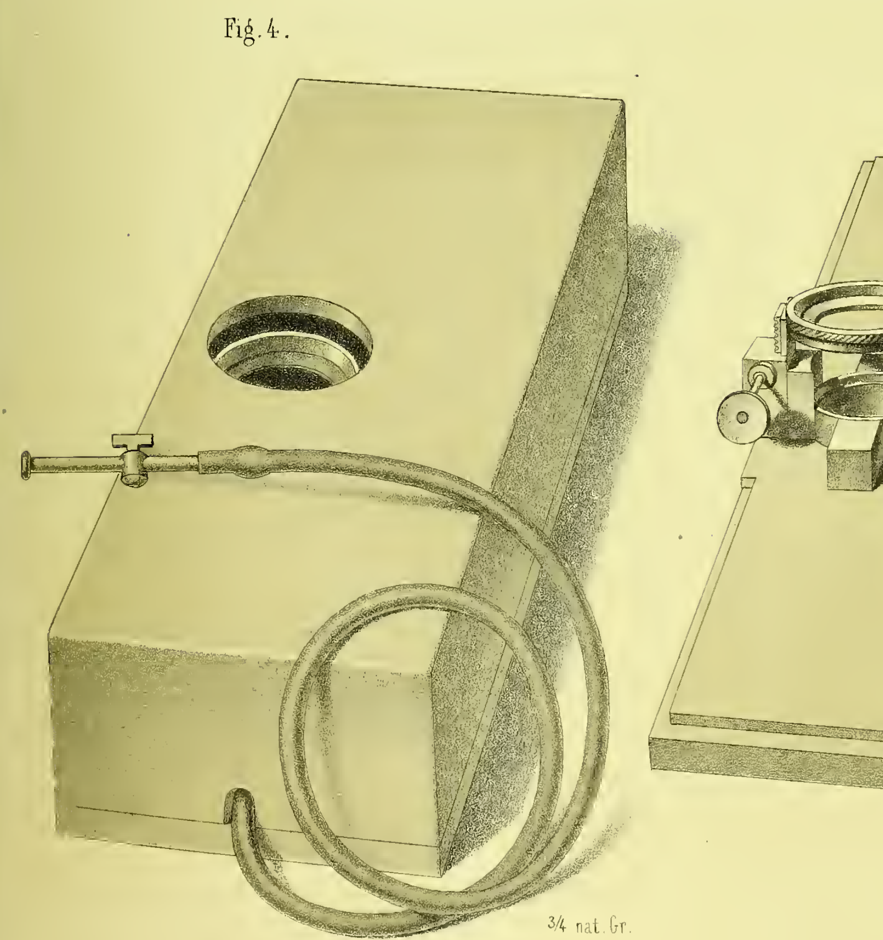
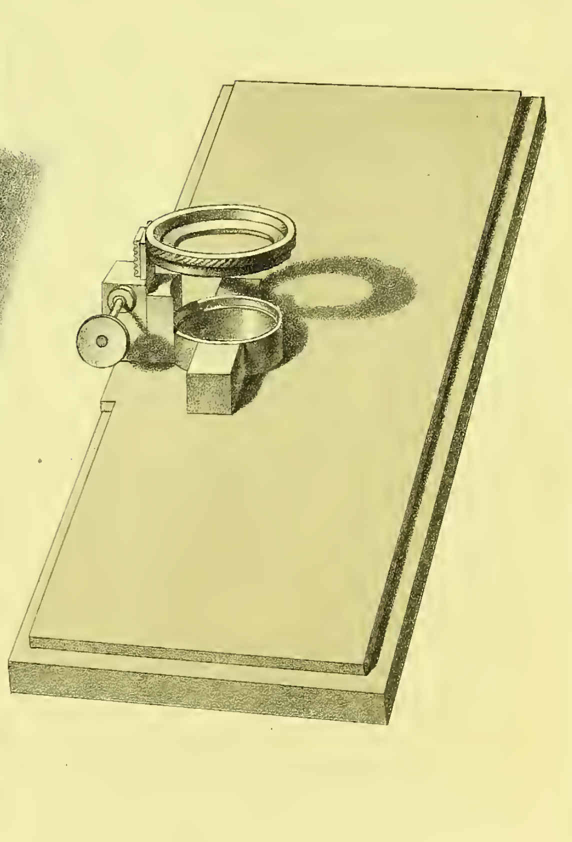


Fig. 3.



3/4 nat. Gr.

Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

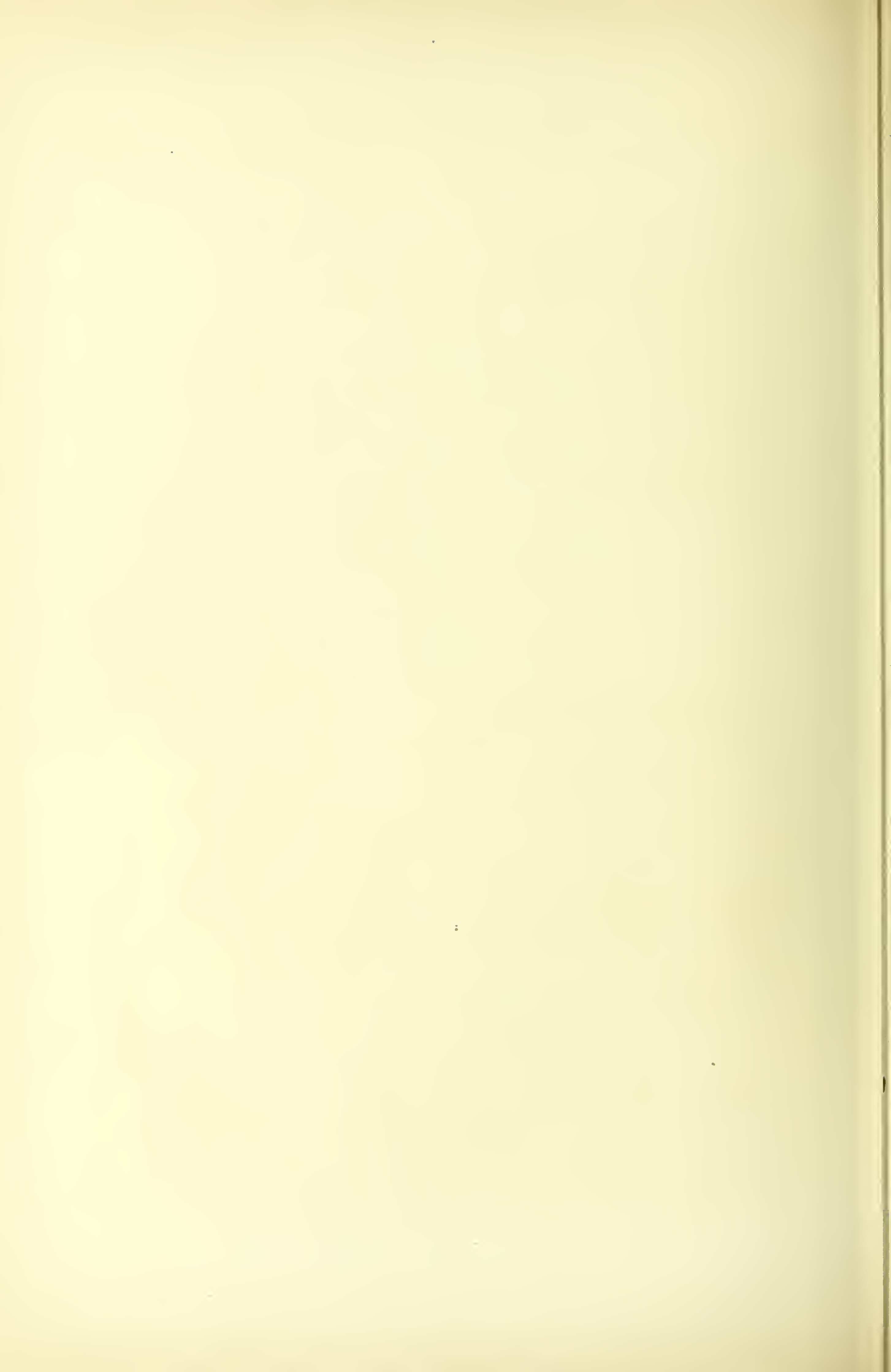


Fig. 3.



200/1

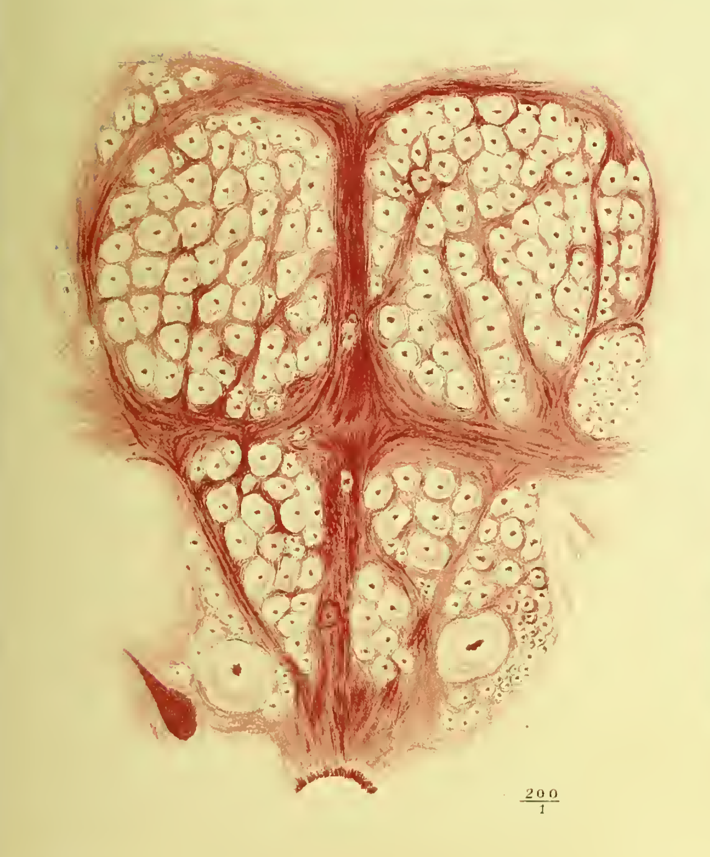


Fig. 5



400/1

Fig. 1.



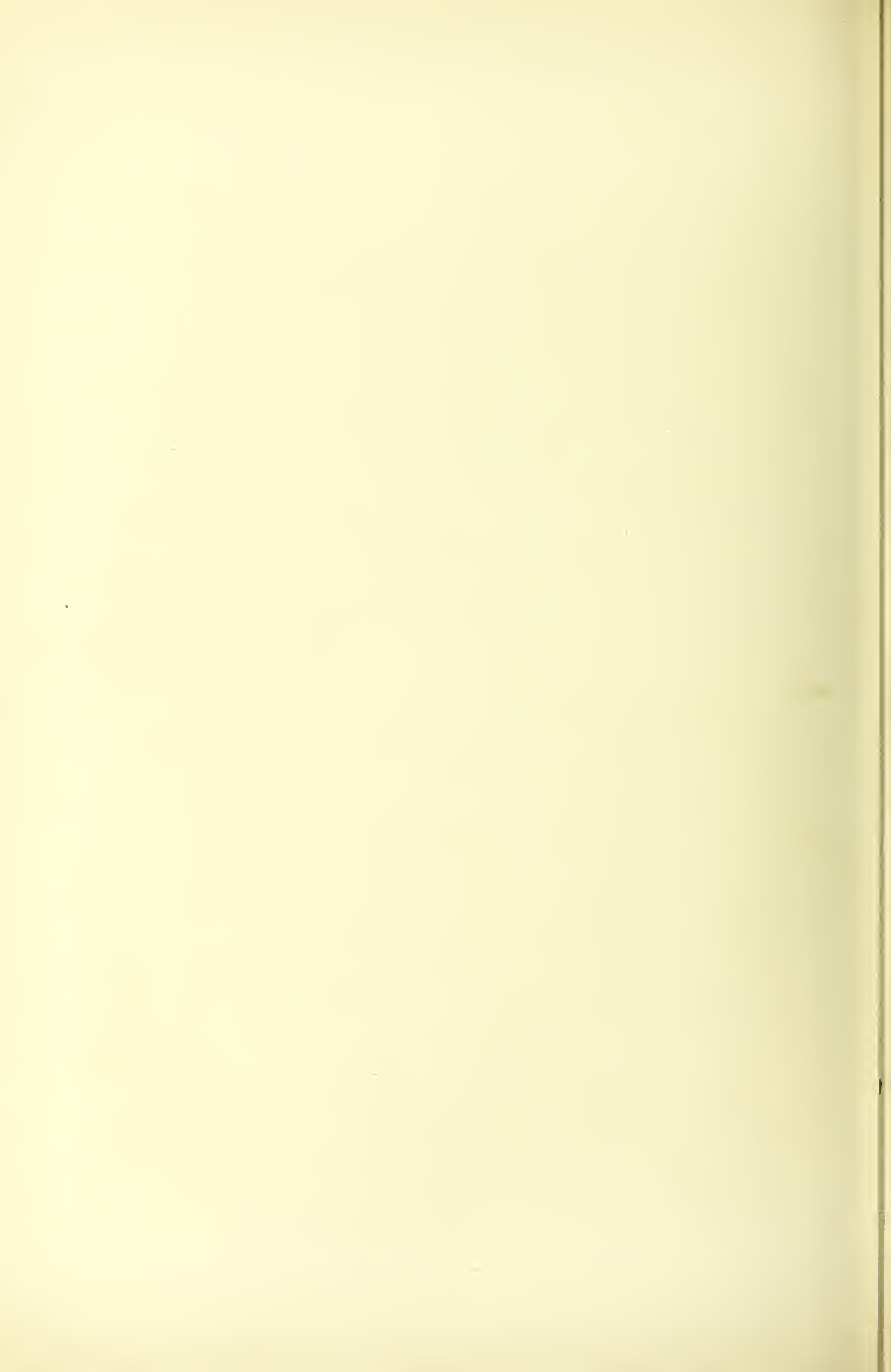
200/1

Fig. 2.

Fig. 4

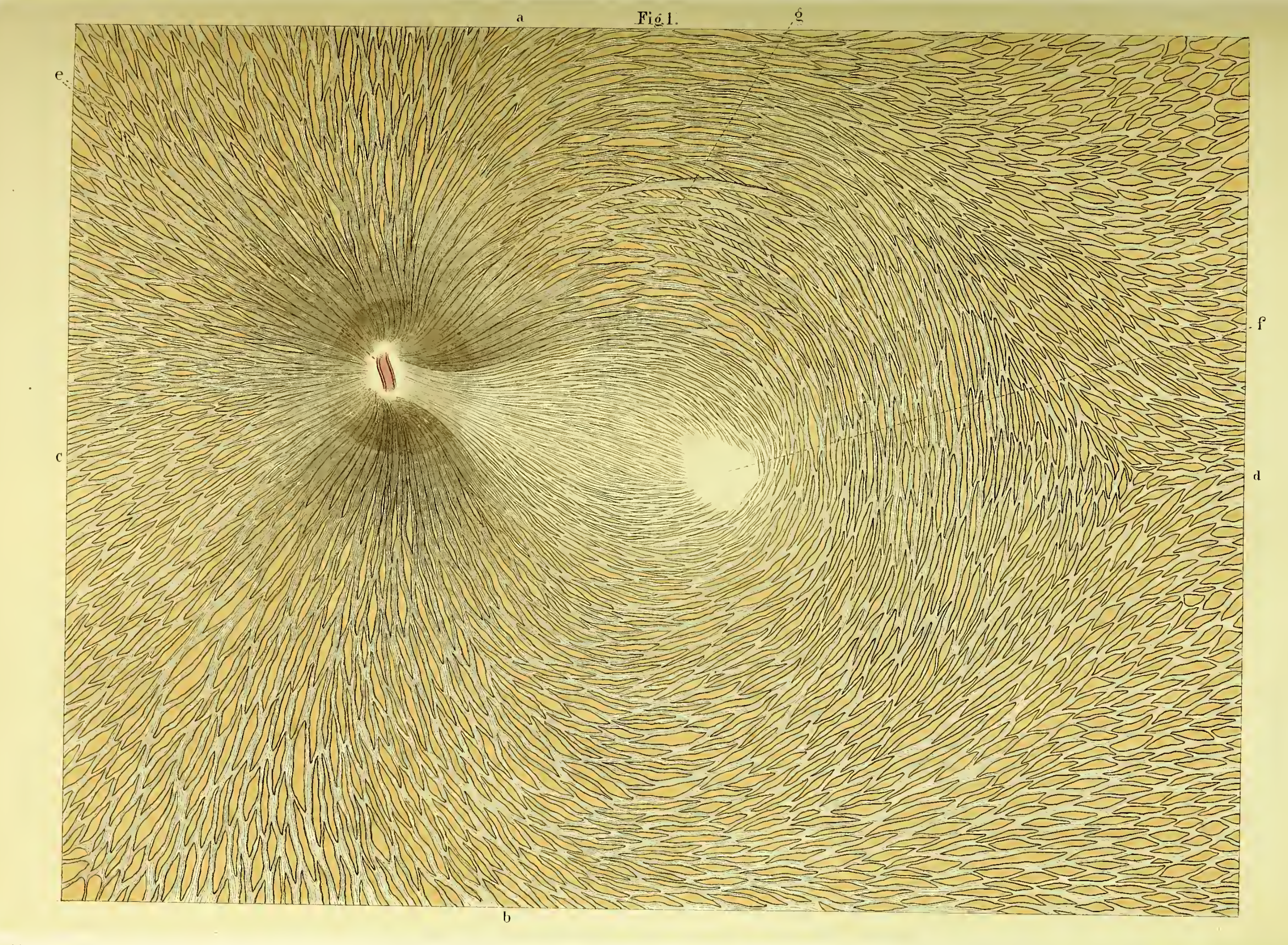


Fleischl. Verlag v. F.C.W. Vogel in Leipzig.



VII.

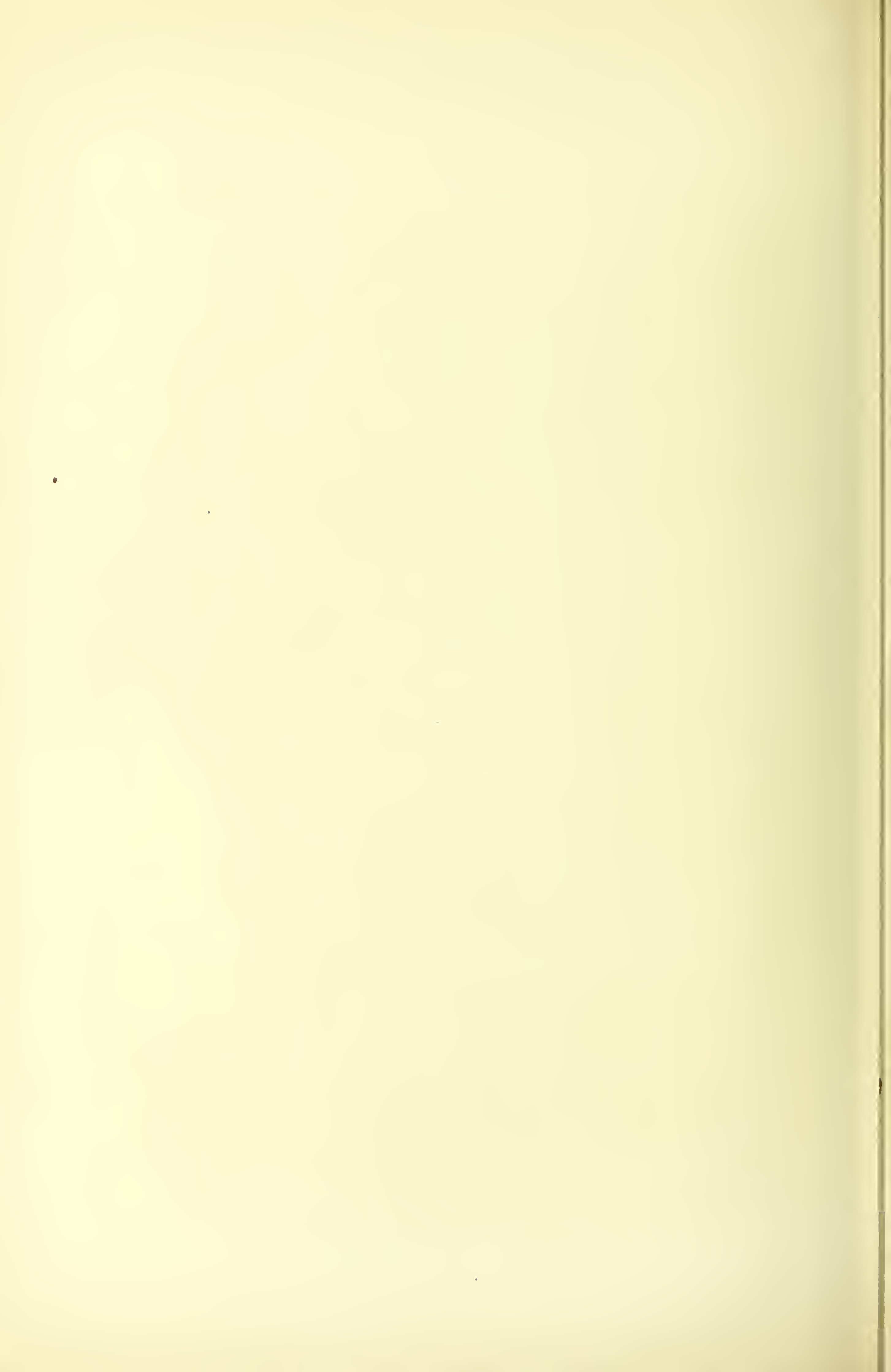
Fig. 1.

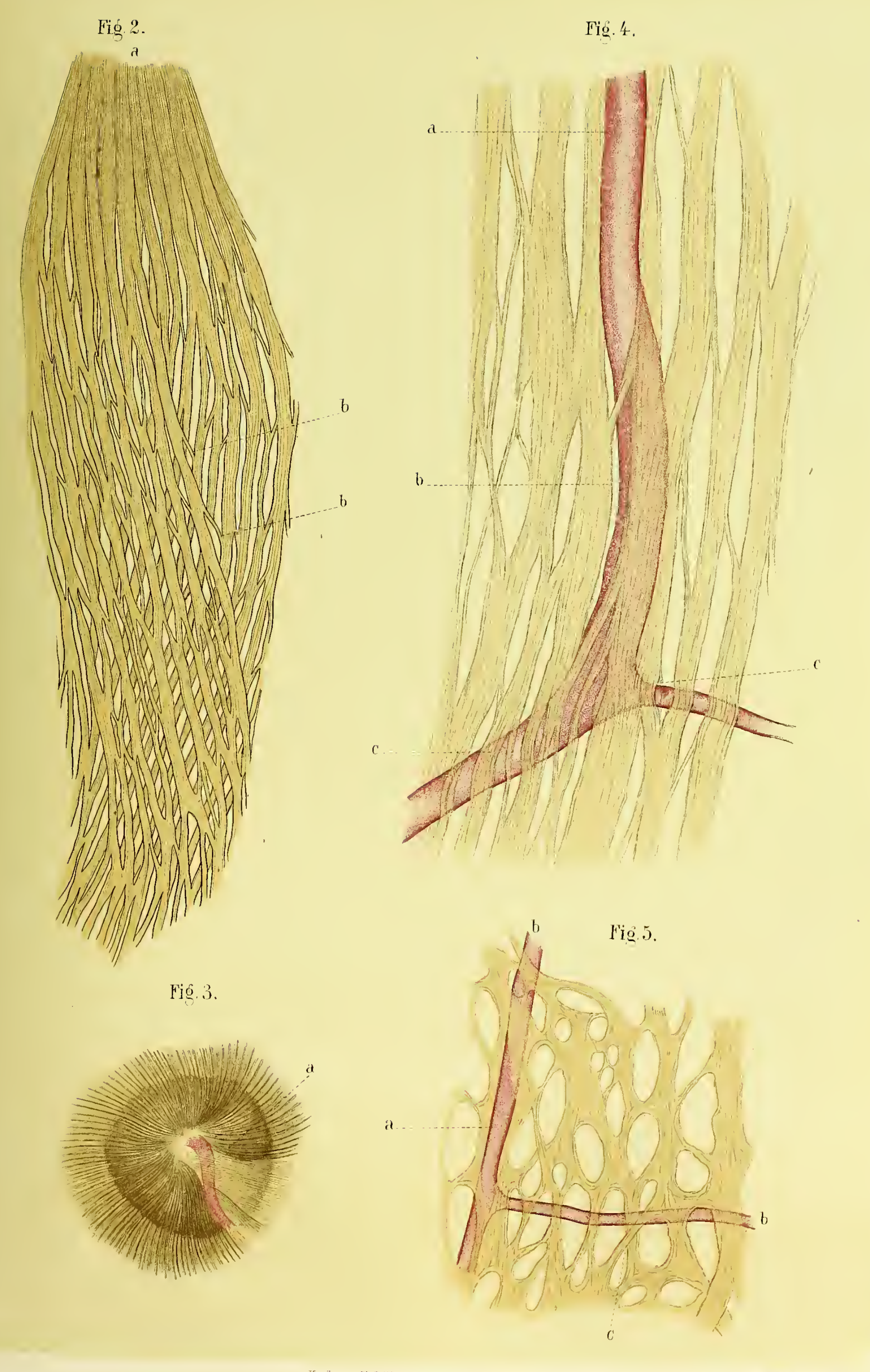


Michel.

Verlag von F.C.W. Vogel, Leipzig

Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig





Verlag v. F. C. W. Vogel in Leipzig

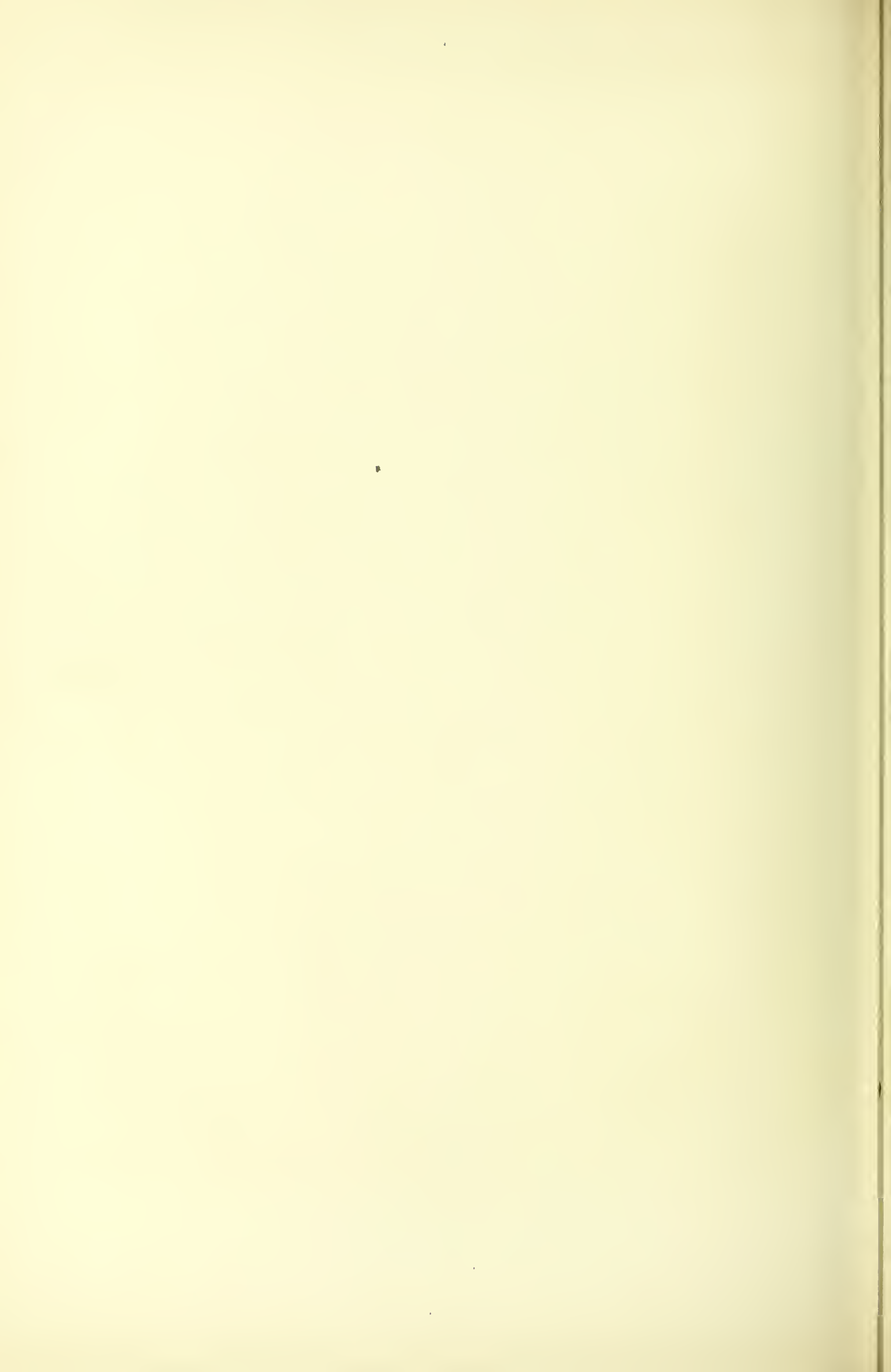


Fig. 2.

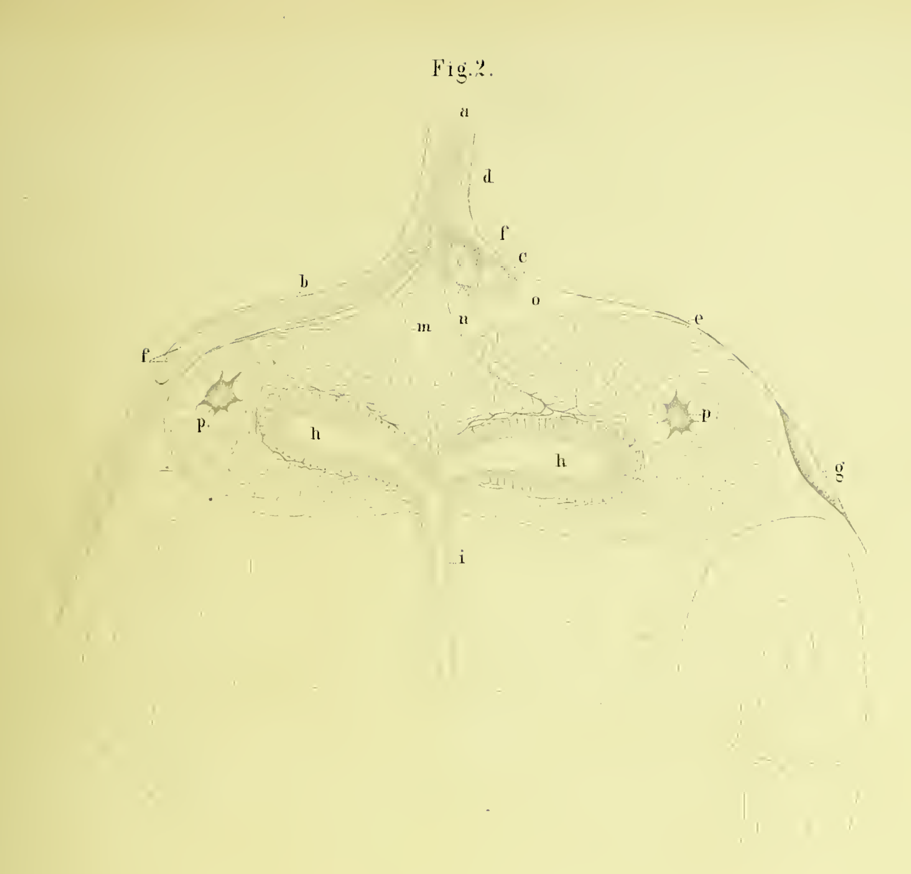
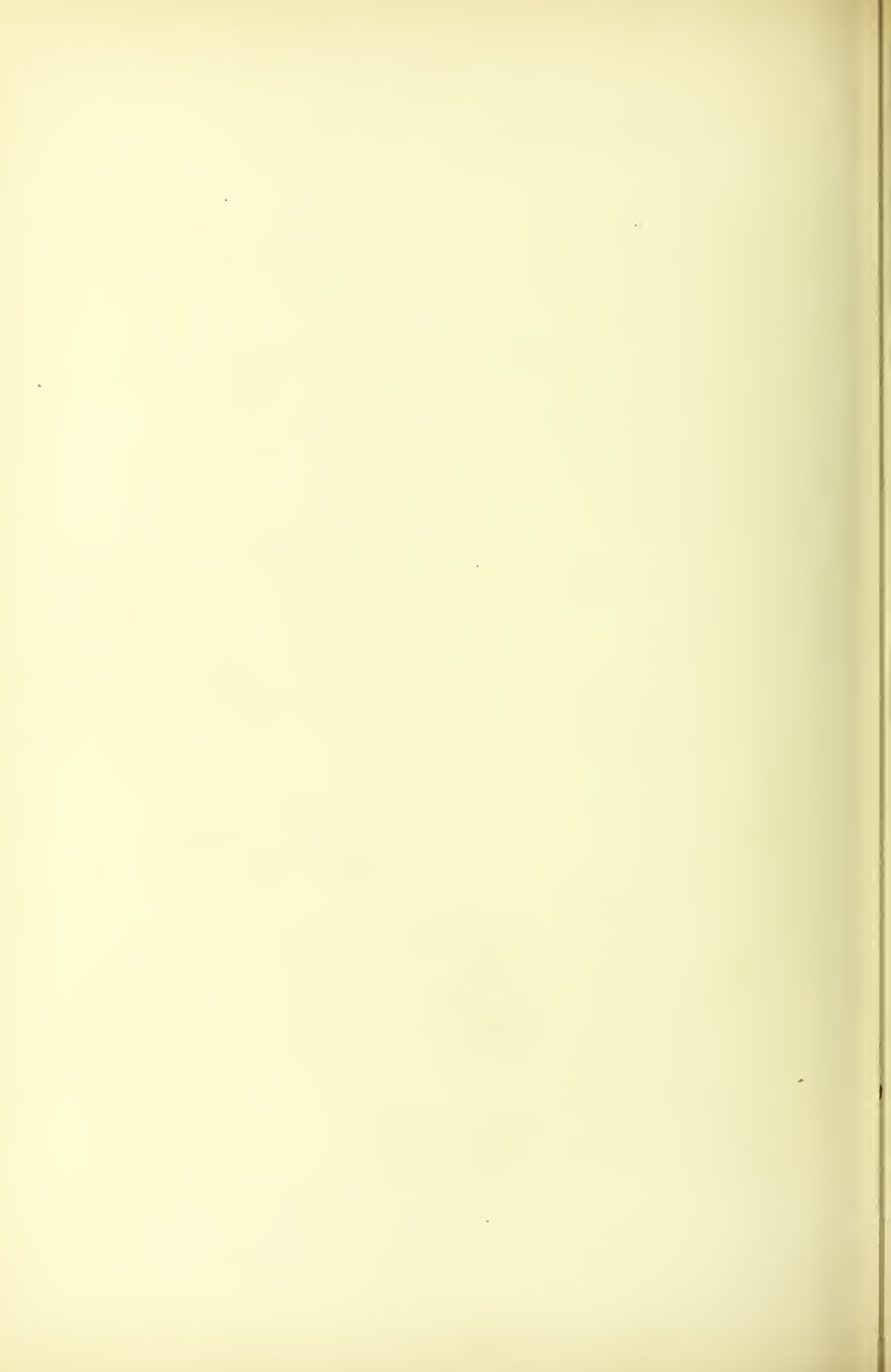


Fig. 1.



Kupffer del.

Kupffer Verlag v. F. C. W. Vogel in Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig



UEBER DIE

STAMMESENTWICKLUNG DES SEHORGANS

DER

WIRBELTHIERE

ALS FESTGABE

CARL LUDWIG

ZUM 15. OCTOBER 1874

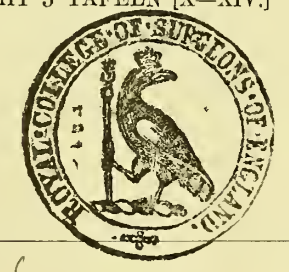
GEWIDMET

VON

WILHELM MÜLLER,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU JENA.

MIT 5 TAFELN [X—XIV.]



LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1874.



UEBER DIE

STAMMESENTWICKLUNG

DES

SEHORGANS DER WIRBELTHIERE

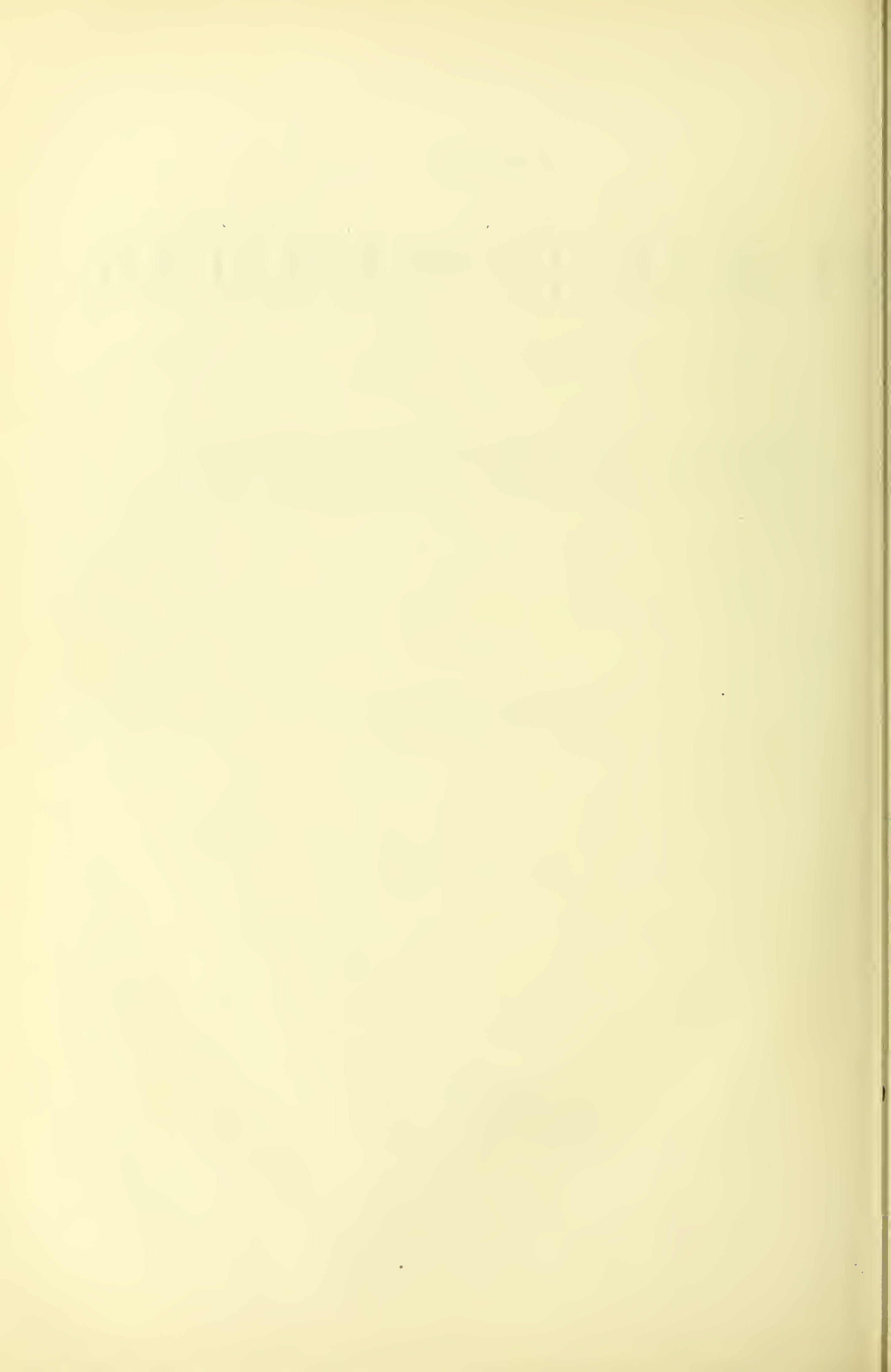
VON

WILHELM MÜLLER,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU JENA.

MIT 5 TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1874.



INHALT.

Seite



1. Das Sehorgan des Amphioxus.

Bei keinem Wirbelthier gehen die Angaben über Vorhandensein und Beschaffenheit des Sehorgans so weit auseinander, wie bei Amphioxus. Retzius und Joh. Müller (Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1842. Berlin 1844.) haben zwei seitlich am Vorderende des centralen Nervensystems sitzende Pigmentfleeke beschrieben und für das rudimentäre Auge erklärt, das aller optischen Apparate entbehre. Kölliker (Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1843. S. 32.), welcher in der Deutung beiden sich anschliesst, gibt an, einen kurzen zu diesen Pigmentflecken tretenden Nerven beobachtet zu haben. Dem gegenüber beschreibt Quatrefages (Annales des Sciences naturelles. III. Serie. Zoologie. Tome IV. S. 197. Paris 1845.) das Sehorgan als unpaar und als bestehend aus dem Sehnerven mit verbreitertem pigmentführenden Ende und einer davor liegenden Linse, das Ganze in einer dünnen, durchsichtigen Kapsel eingeschlossen. Max Schultze (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. III. Band. 1852. S. 416) Leuckart und Pagenstecher (Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1858. S. 568) beschreiben das Sehorgan übereinstimmend mit Quatrefages als unpaar; die beiden letzteren verlegen es dabei dicht unter die Haut der linken Seite. Marcusen (Comptes rendus. Tome 58. No. 10. Tome 59. No. 2. Paris 1864.) sucht die entgegenstehenden Angaben dadurch zu vermitteln, dass er dem Amphioxus bald ein, bald zwei Augen zuschreibt. Owsjannikoff (Bulletin de l'Academie de St. Pétersbourg. Tome VI. S. 287. 1867.) dagegen findet, übereinstimmend mit Max Schultze, nur einen braunen Pigmentfleck, der vorderen Fläche des Gehirnes aufliegend. Stieda (Mémoires de l'Academie de St. Pétersbourg. VII. Serie. Tome XIX. 1873. No. 7 mit Literaturübersicht) bestätigt diese Angabe Owsjannikoff's und präeisirt sie genauer dahin, dass das Pigment unter der dem Gehirn eng

anliegenden bindegewebigen Hülle liege; hinter dem Pigment befinden sich, nach ihm, die Epithelzellen des Gehirnventrikels; die vordere Wand der einfachen Hirnhöhle sei überaus dünn. Das Pigment des Gehirnes soll sich kaum von jenem des Rückenmarkes unterscheiden. Stieda spricht auf Grund dieser Beobachtungen im Gegensatz zu allen übrigen Beobachtern dem Amphioxus ein Sehorgan ab, weil der Pigmentfleck ein wirkliches Sehen oder nur Lichtempfindung nicht vermitteln könne, und weil er vom Standpuncte des Anatomen mehr verlangt, um die Existenz eines Auges gesichert zu finden, als einen Pigmentfleck, wenn auch derselbe vorn dem Gehirne anliegt.

Meine eigenen Untersuchungen sind theils an gehärteten Exemplaren des Amphioxus geführt, welche ich der Güte des Herrn Dr. Anton Dohrn in Neapel zu verdanken hatte, theils an lebenden Exemplaren, welche ich in der dicht am Scoglio Frisio liegenden Sandbank, während meines Aufenthaltes in Neapel im Laufe dieses Frühjahrs theils selbst sammelte, theils sammeln liess.

Das vordere Ende des Centralnervensystems des Amphioxus stellt, nach meinen Beobachtungen, einen Conus von annähernd kreisförmigem Querschnitte dar, dessen Durchmesser bei gehärteten Exemplaren am abgerundeten Vorderende 0,08 (alle Angaben beziehen sich auf Millimeter) beträgt, um im Verlauf nach rückwärts allmählich bis auf 0,18 sich zu vergrössern. Die Mitte des Conus wird eingenommen von einer scharf begrenzten Höhle von 0,05 Höhe bis 0,042 Breite. Im Verlaufe nach rückwärts verengt sich dieselbe von beiden Seiten her, während sie zugleich in dorsaler Richtung zu einem Spalt sich verlängert, so dass sie auf dem Querschnitte Birnform erhält. Durch fortschreitende Verengerung des unteren Abschnittes geht die Höhle in einer Entfernung von 0,08 vom Vorderende des Nervensystems in den Centralkanal über, welcher bis zu dessen hinterem Ende sich erstreckt. (Vgl. Fig. 1 bis 6 auf Tafel X., welche die Umwandlungen der Gehirnhöhle auf successiven Schnitten darstellen.)

Die Wandung der Höhle ändert ihre Beschaffenheit an den einzelnen Strecken sehr wesentlich. Das abgerundete, frontal stehende Ende selbst besteht durchweg aus geschichtetem cylindrischen Epithel, dessen Zellen nach aussen an Grösse etwas abnehmen und, wie gewöhnlich, vorwiegend Spindelform zeigen. Diese Epithelien enthalten in ihrem Protoplasma feine braune Pigmentkörner; die der Axe des Centralnervensystems entsprechend gelagerten, in dickerer Schicht, als die peripherisch liegenden. Die Körnchen sind in dem der Axe entsprechenden Bezirk zum Theil zu grösseren Klümpchen verschmolzen; sie verhalten sich gegen Säuren und Alkalien indifferent und geben an concentrirte, wässerige Lösungen der letzteren keinen blauen Farbstoff ab, wie die Pigmentkörner im Rückenmark. Von vorne gesehen bildet die pigmentirte Partie des Vorderendes eine annähernd kreisrunde

Scheibe, deren Dimension bei verschiedenen Individuen nicht unbedeutend verschieden ist; von der Seite gesehen, bilden die pigmentirten Partien einen planconvexen Meniscus mit nach vorne gerichteter Convexität.

An der Uebergangsstelle der vorderen in die dorsale Wand liegt dem geschichteten Cylinderepithel, links von der Mittellinie, das cylindrische Epithel der Riechgrube auf, an welche sich weiter aussen ein dünner Fortsatz des Cutisgewebes anschliesst, von welchem die Riechgrube in ihrer äusseren Strecke überzogen ist. Die Riechgrube wird gebildet von einer conischen Einstülpung des Ektoderm, deren blindes Ende in einer Ausdehnung von 0,024 an das Nervensystem stösst. Die äussere Oeffnung ist spaltförmig, leicht gebogen, 0,02 breit, 0,08 lang; das Lumen verengt sich im Verlaufe gegen das blinde Ende auf 0,008. Das Organ ist knieförmig gebogen; das Epithel in der äusseren Partie cylindrisch, 0,016 hoch, 0,004 breit, in der inneren Partie rasch sich verschmälernd und auf 0,01 erniedrigend, während die Dicke der einzelnen Zellen auf 0,002 sich reducirt. In diesem Abschnitte tragen die Zellen Cilien. Vgl. Tafel X. Fig. 1 *c*. Fig. 3 *b*.

Das geschichtete Epithel der vorderen Wand der Höhle wird am Uebergang in den konischen Abschnitt nach aussen von einer Anfangs ganz dünnen Lage einer feingranulirten Substanz umgeben, deren Dicke an den beiden Seiten rascher zunimmt, als an der ventralen Fläche, während dorsalwärts nur Andeutungen derselben sich zeigen. Diese feinkörnige Substanz enthält in ihrer Peripherie zahlreiche, sehr feine, in Carmin blassroth sich färbende, längs verlaufende Fasern, deren Zahl von vorne nach rückwärts zunimmt. Vgl. Tafel X. Fig. 4 und 5. Von der Uebergangsstelle der Höhle in den Centralkanal an wird der Bau der Wandung complicirter. Der Centralkanal selbst, 0,06 hoch, liegt mit seinem unteren Ende 0,026 von dem ventralen, mit dem oberen 0,033 vom dorsalen Rande des Nervensystems entfernt. Seine Wand wird im Bereiche des unteren 0,0035 weiten, 0,007 hohen Abschnittes von schmalen 0,007 hohen Cylinderepithelien gebildet. An dieses Epithel schliessen sich schmale, mehr spindelförmige Zellen an, welche in starre, nach aussen etwas sich verschmälernde Fortsätze übergehen. Diese Fortsätze erstrecken sich divergirend, rechts und links von der Mittellinie nach unten und aussen, um schliesslich in der Nähe der Stelle, wo die Lücken in der Cuticula chordae sich finden, an der Bindesubstanzhülle des Nervensystems sich zu inseriren. Umgeben wird dieser ganze Abschnitt des Centralkanals von einer Lage feinkörniger Substanz, welche ventralwärts 0,016, lateralwärts 0,033 Dicke besitzt und ziemlich zahlreiche sehr feine Längsfibrillen enthält. An der Grenze dieser feinkörnigen Substanz finden sich zwischen epithelialen Elementen multipolare Ganglienzellen. Sie liegen zerstreut, namentlich an den Uebergangsstellen der lateralen in die ventrale Fläche, sind klein, 0,004 grosse, mit Kernern, und lassen meist drei Fortsätze erkennen. Das dorsale

Ende des Centralkanals ist 0,013 hoch, 0,01 breit; die schmalen, cylindrischen Epithelien, welche dieses Ende begrenzen, entsenden Fortsätze, welche mit dem die Ganglienzellen umgebenden Netzwerke zusammenhängen. Der erweiterte, obere Theil des Centralkanals wird lateral- und dorsalwärts von grossen Ganglienzellen umgeben. Jede Ganglienzelle wird von einem Geflechte sehr feiner Fasern eingeschlossen, welche zum Theil Ausläufer der cylindrischen, den Centralkanal umgebenden Epithelien, zum Theil Ausläufer selbständiger, netzförmiger Zellen sind. Die Ganglienzellen stehen am gehärteten Präparat wie gewöhnlich durch einen Zwischenraum von dem umgebenden Fasergeflechte ab, sie sind zum Theil in der Richtung von oben nach unten etwas abgeflacht, 0,026 lang, 0,013 hoch, zum Theil mehr polygonal, 0,013—0,02 diam. Sie geben blasse Fortsätze ab an die mehr ventralwärts liegende, feinkörnige Substanz, je einen deutlicheren Fortsatz an die Wurzel des ersten sensiblen Nerven der gleichen Seite. Die Ganglienzellen erstrecken sich oben und seitlich bis dicht an die Bindesubstanzhülle des Centralnervensystems. Letztere ist von fibrillärer Beschaffenheit, 0,003 dick. Gefässe enthält das Nervensystem in seinem ganzen Verlaufe nicht. Vgl. Tafel X. Fig. 6.

Was die Deutung des Befundes anbetrifft, welchen das vordere Ende des centralen Nervensystems des Amphioxus darbietet, so erklärt sich derselbe meiner Ansicht nach ungezwungen aus der Annahme, dass hier eine Vorderhirnblase vorliegt, in deren Wand weitere Entwicklungsvorgänge noch nicht stattgefunden haben. Diese Ansicht gründet sich 1) auf die Verbindung des Vorderendes mit dem Riechorgan; diese Verbindung findet sich constant durch die ganze Reihe der Tunicaten und Wirbelthiere; 2) auf die Pigmentirung der mittleren Partie der Vorderwand; diese Pigmentirung findet sich in gleicher Weise am Sehorgan der Salpen in einem frühen Entwicklungsstadium wieder; 3) auf die Lagerung des mit erweitertem Kanal versehenen Abschnittes des Centralnervensystems vor dem Ursprunge des ersten sensiblen und motorischen Nerven. Beide Nerven enthalten ganz bestimmt Elemente, welche in den Trigeminus der höheren Wirbelthiere übergehen; ein vor dem Trigeminusursprung liegender Abschnitt des Centralnervensystems kann aber nur dem Vorderhirn entsprechen.

Es hat sich bei Amphioxus ein Zustand des vorderen Endes des Nervensystems dauernd erhalten, wie er von den höheren Vertebraten frühzeitig durchlaufen wird. Dies erhellt sofort aus einem Vergleich der auf Tafel X. Figur 7 gegebenen Abbildung des Vorderendes des Nervensystems eines Hühnerembryos, an welchem das achte Muskelsegment eben zur Anlage gekommen ist, mit den auf derselben Tafel in Figur 1 und 2 gegebenen Abbildungen des Vorderendes des Centralnervensystems des Amphioxus. Diese Thatsache steht aber in vollem Einklang mit dem Gesetz der gleichzeitigen Vererbung, wie es von Ernst Häckel seine

Formulirung gefunden hat. Amphioxus ist ein Nachtthier, denn erst in der Dämmerung kommt derselbe für gewöhnlich an die Oberfläche der Sandbänke, in welchen er während des Tages verborgen liegt. Er hat aber ganz bestimmt das Vermögen, Lichteindrücke wahrzunehmen, denn er vermeidet auch in der Gefangenschaft so viel als möglich das helle Tageslicht. Die Schlüsse, welche Stieda aus seinen Beobachtungen gezogen hat, bedürfen nach dem Angeführten keiner ernstlichen Widerlegung, davon ganz abgesehen, dass die Beobachtungen selbst irrthümlich sind.

---

2. Das Sehorgan von Myxine.

Ueber das Sehorgan von Myxine glutinosa liegen genauere Angaben nur von Joh. Müller vor. Nach seinen Beobachtungen steht Myxine hinsichtlich der Gesichtsorgane weit hinter den Bdellostomen zurück (Ueber den eigenthümlichen Bau des Gehörorgans bei den Cyklostomen. Abhandlungen der k. Akademie der Wissensch. zu Berlin vom Jahr 1836. Berlin 1838. S. 26). Das Auge wird ganz von den Muskeln, nämlich vom Ursprung des Anziehers der Nase und des Anziehers der Tentakeln bedeckt und liegt über der Gaumenleiste und über dem ersten Aste des Trigeminus, an der Grenze zwischen Nasenkapsel und Hirnkapsel. Das Organ ist nur von Zellgewebe umhüllt, und sitzt durch dasselbe der Oberfläche des Anfanges des ersten Astes des N. trigeminus dicht auf, lässt sich aber leicht davon lösen. Zu dem Organ geht ein besonderer, sehr feiner Nerv, welcher über dem ersten Ast des Trigeminus verläuft. Das Auge ist etwas länglich, so zwar, dass die Längsaxe desselben mit der Längsaxe des Körpers des Thiers übereinstimmt. Die äussere Haut des Organs ist ziemlich fest und, wie es scheint, ohne deutliche Grenze einer Cornea und Sclerotica. Eine zweite innere Haut war nicht aufzufinden. Auch zeigte sich von Iris und Pigment keine Spur. Wird die Haut des Organs aufgeschlitzt, so erscheint darin ein trüber, markiger, runder Körper, welcher das Innere ausfüllt und nur auf dem Grunde, wo der Nerv zutritt, fester anhängt. Mit einer Linse hat der Körper keine Aehnlichkeit, eher könnte er einem Glaskörper verglichen werden, der in Weingeist trübe geworden; aber das mikroskopische Ansehen spricht mehr für ein nervöses Gebilde. Obgleich eine genügende mikroskopische Untersuchung nicht mehr angestellt werden konnte, so liess sich doch in der trüben, scheinbar körnigen Masse eine Spur von fasriger Bildung erkennen.

Der Ursprung des Nervus opticus ist zweifelhaft geblieben (Vergleichende Neurologie der Myxinoiden. Abhandl. der k. Akademie der Wiss. zu Berlin vom

Jahr 1838. Berlin 1840. S. 15). Nur einmal gelang es, einen äusserst feinen Faden an der mittleren Protuberanz der Basis des Gehirns entspringen zu sehen. Die Vermuthung ist erlaubt, dass dieser Faden für das Analogon der Sehnerven der Bdellostomen anzusehen sei. Er musste paarig sein, da er nicht in der Mitte entsprang, aber der entsprechende Faden der anderen Seite wurde nicht gesehen.

Meine eigenen Untersuchungen von Myxine glutinosa wurden zuerst im Jahre 1871 an einer Anzahl von Myxinen vorgenommen, welche mir Herr Steenstrup in Kopenhagen auf die Verwendung des Herrn Panum freundlichst zur Disposition gestellt hatte. Ein wiederholter Aufenthalt in den schwedischen Scheeren im Lauf der Jahre 1872 und 1873 gab mir Gelegenheit, die früheren Beobachtungen zu vervollständigen. Ich kann nicht umhin, des wahrhaft collegialen Entgegenkommens bei dieser Gelegenheit dankbar zu gedenken, welches ich bei Herrn A. W. Malm in Göteborg für meine Zwecke gefunden habe.

Das Sehorgan von Myxine besteht aus dem paarigen Auge und dem gleichfalls paarigen Nervus opticus. Das Auge bildet ein Ellipsoid, welches seitlich vom Vorderende des Gehirns an der Aussenfläche des Schädels, gerade am hinteren Ende der Riechkapsel liegt. Es liegt eingebettet in eine Lage lockerer Bindesubstanz und wird nach aussen durch eine fast 1 Mm. dicke Muskelschichte von der äusseren Haut geschieden. Die Muskeln, welche das Auge decken, sind einmal der Retractor der Tentakeln, welche die Riech- und Mundöffnung umgeben, und zweitens der Retractor der knorpligen Gaumenstütze. Ebenso liegen dem Auge nach oben Muskeln auf. Vgl. Tafel XI. Fig. 1.

Der Längsdurchmesser des Auges beträgt am gehärteten Präparat 0,5, der quere und verticale je 0,4. Es wird umgeben von einer 0,01—0,016 dicken, aus straffem fibrillären Bindegewebe bestehenden Kapsel. Diese Kapsel zeigt eine runde Durchbohrung von 0,02 Durchmesser, in der Mitte des hinteren Umfanges; durch das hier befindliche Loch tritt der Sehnerv in das Innere. Vgl. Tafel XI. Fig. 3 *a*. Die Kapsel sendet zweitens einen annähernd pilzförmig gestalteten Fortsatz von 0,2 Höhe von der Mitte des lateralen Umfanges in das Innere des Auges. Dieser Fortsatz besteht aus einem dünnen Stiel und einem umfangreicheren im Auge selbst liegenden Abschnitt von annähernd kugeliger Form, welchem die eigentliche Retina wie dem Bindesubstanzstock einer Papille das Epithel aufsitzt. Vgl. Tafel XI. Fig. 3 *i*.

Die Kapsel enthält eine ziemlich reiche Gefässverästelung, indem die dem Verlauf des Sehnerven folgende Arteria ophthalmica in der Augenkapsel in eine Anzahl von Zweigen sich auflöst, welche in ein polygonales Maschenwerk von Capillaren übergehen. Der Durchmesser der Capillaren beträgt durchschnittlich 0,007, jener der Maschen 0,03. Die Gefässe verbreiten sich ziemlich gleichmässig in der Bindesubstanz der Kapsel und sind von deren Innenfläche stellenweise nur 0,001

entfernt. In der Mitte der lateralen Fläche des Auges tritt eine kurze Capillarschlinge in den pilzförmigen Vorsprung ein, welcher von der Kapsel aus in das Innere des Auges sich erstreckt. Sie besitzt eine dünne bindegewebige Adventitia, an welche sich eine verhältnissmässig mächtige Lage lockeren von feinen Fibrillennetzen durchsetzten Schleimgewebes anschliesst. Die Netze zeigen in den Knotenpuncten vereinzelte, im Mittel 0,005 im Durchmesser haltende Kerne; in der Peripherie des Vorsprunges wird durch eine dünne Membran die Abgrenzung gegen die anliegenden epithelialen Gebilde hergestellt.

Der Zwischenraum zwischen der Oberfläche des pilzförmigen Vorsprunges und der Innenfläche der Kapsel wird von der Augenblase ausgefüllt. Diese besteht aus zwei Lamellen, einer einschichtigen äusseren, welche, um Missverständnisse in dem Gebrauch der Bezeichnung „inneres und äusseres Blatt der secundären Augenblase“ zu vermeiden, in der nachstehenden Abhandlung stets als Pigmentlamelle (Tapetum nigrum C. Gegenbaur) bezeichnet werden wird, und einer mehrschichtigen inneren, der eigentlichen Retina. Beide gehen an der Eintrittsstelle des pilzförmigen Vorsprunges in einander über. Vgl. Tafel XI. Fig. 3 *h*. Die Pigmentlamelle besteht aus polygonalen und cubischen, durchschnittlich 0,008 hohen Epithelien. Nahe der Eintrittsstelle des Vorsprunges der Kapsel werden diese Epithelien höher und nehmen langgestreckte Cylinderform an. Allenthalben senden diese Zellen von ihrer inneren Fläche zarte, zum Theil verästelte Fortsätze aus, welche sich in die äusserste Schicht der anliegenden Retina erstrecken und dort mit ähnlichen Fortsätzen eines Theiles der Zellen zusammenhängen. Pigment enthalten die Zellen dieser Lamelle, abgesehen von vereinzelten gelblichen Körnchen, nicht. Vgl. Tafel XI. Fig. 4 *a*.

Die Retina selbst hat eine Dicke, welche von der Uebergangsstelle in die Pigmentlamelle an allmählich bis auf 0,2 anwächst. An der Umschlagsstelle wird zunächst das bis dahin einfache Cylinderepithel geschichtet, indem Anfangs zwei, bald aber drei bis vier Reihen von Zellen zwischen einander sich schieben. Vgl. Taf. XI. Fig. 3 *h*. Die äusseren Zellen haben das Aussehen gewöhnlicher Cylinderepithelien, die tiefer liegenden zeigen immer mehr die Eigenschaft, in ziemlich starre Fasern überzugehen, welche sämmtlich der Oberfläche des Vorsprunges der Kapsel zustreben und sich an ihm befestigen. Sobald die Umschlagsstelle in die eigentliche Retina übergeht, wird der Bau complicirter, indem die Zellen der peripherischen Epithellage sich vergrössern und zwischen die in Fasern sich verlängernden Zellen der tieferen Lagen zellige Elemente von anderer Beschaffenheit sich einschieben. Durch die ungleiche Vertheilung der letzteren erhält der Bau einen gewissen Grad von Schichtung, ohne dass letztere in solcher Regelmässigkeit zur Ausbildung gelangte, wie sie der Retina der höheren Wirbelthiere eigen ist.

An der Peripherie fällt zunächst eine durch die Anwesenheit einer einfachen Lage grosser cylindrischer Zellen ausgezeichnete Schicht auf, deren Dicke bis 0,026 beträgt. Sie enthält zweierlei Elemente: Grosse cylindrische Zellen von 0,008 bis 0,01 Breite bei 0,02 bis 0,026 Länge, mit durchsichtigem, ziemlich homogenem Inhalt und dem äusseren Ende etwas näher liegendem, grossem runden Kern von durchschnittlich 0,008 Diam. Die Basis dieser Zellen ist etwas breiter und nach aussen gegen die Pigmentlamelle, das innere Ende etwas verschmälert und gegen den Fortsatz der Kapsel gerichtet. Vgl. Tafel XI. Fig. 4 *b*. Zwischen diesen Zellen finden sich unregelmässig, aber in ziemlicher Zahl eingestreut, kleinere, deren Kern blasser, theils rund, theils elliptisch ist. Die runden Kerne dieser Zellen messen durchschnittlich 0,006, die elliptischen 0,048 : 0,011. Diese Zellen sind ausgezeichnet durch ihre Neigung, in theils starre, gerade nach innen gerichtete, theils verästelte, die grösseren Zellen umspinnende Fortsätze überzugehen. Sie liegen in verschiedener Höhe in der Schicht, ihre Fortsätze ragen stellenweise über die Aussenfläche der Retina da, wo letztere bei der Härtung in Weingeist von der Pigmentlamelle sich zurückgezogen hat, hervor und stehen mit jenen der Zellen der Pigmentlamelle in Zusammenhang.

An diese äusserste Schicht schliesst sich unmittelbar eine zweite, durchschnittlich 0,4 dicke an, welche durch dünne lockere Züge der Oberfläche parallel verlaufender Fasern in zwei Abtheilungen unvollkommen geschieden wird. Die äussere dieser zwei Abtheilungen enthält wieder zweierlei Elemente: runde Zellen mit grossem Kern von durchschnittlich 0,0066 Diam. und äusserst dünnem Protoplasmaüberzug, der an einzelnen nachweisbar in einen blassen nach der Peripherie und einen ebenso blassen nach dem Inneren gerichteten Fortsatz sich verlängert. Zwischen diesen Zellen finden sich in annähernd gleicher Zahl etwas schmälere mehr elliptische Zellen, welche gleich den zwischen den grossen Zellen der äusseren Schicht liegenden durch ihre Neigung, in starre, verhältnissmässig dicke, radiär gerichtete Fortsätze sich zu verlängern, ausgezeichnet sind. Etwa in der Mitte der ganzen Schicht entsendet ein Theil der letzteren Zellen Fortsätze in der Oberfläche paralleler Richtung; sie durchflechten sich mit den radiär gerichteten und bringen eine unvollkommene Trennung der Schicht in eine äussere und eine innere Partie hervor. Die Dicke dieser tangentialen Faserzüge, wie sie zweckmässig genannt werden können, ist stets eine sehr unbedeutende, sie bilden ein ziemlich weitmaschiges Geflecht, nirgends eine zusammenhängende Schicht. Die innere Lage dieser Schicht enthält überwiegend runde Zellen mit dünner Protoplasmahülle und grossem Kern; auch ihr Protoplasma ist an einzelnen, nachweisbar in einen blassen nach innen gerichteten Fortsatz ausgezogen. Auch zwischen diesen Zellen finden sich blassere, mehr elliptische, in radiäre Fasern sich verlängernde vor, ihre

Zahl nimmt aber naeh innen zu rasch ab. Die Fasern, in welche letztere sich verlängern, durchsetzen, hie und da zu kleinen Bündelchen sich aneinanderlegend, die ganze innere Partie der Retina gestreckten Verlaufes, um schliesslich an der Oberfläche des Vorsprunges der Kapsel dicht gedrängt und leicht verbreitert aufzuhören. Vgl. Tafel XI. Fig. 3 *c*. Fig. 4.

Der ganze nach innen von der zweiten Schicht liegende Abschnitt der Retina wird eingenommen von einer sehr feinkörnigen blassen Substanz, in welche Fasern von mindestens dreierlei Art und in etwas grösseren Abständen als in den beiden äusseren Schichten Zellen eingelagert sind. Letztere liegen fast alle in kleinen Höhlungen, indem ihr Protoplasma in Folge von Wasserentziehung durch das Härtungsmittel sich etwas von der umgebenden Substanz zurückgezogen hat. Die Gestalt der Zellen ist vorwiegend rund oder ellipsoidisch, an einzelnen mehr birnförmig, das Protoplasma etwas reichlicher als in den runden Zellen der äusseren Schichten vorhanden, der Kern rund mit deutlichem Kernkörperchen, 0,008—0,01 im Durchmesser. Das Protoplasma dieser Zellen verlängert sich bei einem Theil naehweisbar in mindestens zwei, bisweilen drei Fortsätze, der eine blass, dünn, rasch in der feinkörnigen Substanz der Umgebung sich verlierend, der andere gleichfalls blass, aber immerhin deutlicher und eher auf eine grössere Strecke verfolgbar. Die letztgenannten Fortsätze streben immer der Austrittsstelle des Sehnerven aus dem Auge zu; in der Nähe der letzteren lässt sich der Zusammenhang der Zellen mit Optieusfasern in vereinzelten Fällen direet eonstatiren. Dies wird dadureh ermöglieht, dass die feingranulirte Sehieht mit ihren Zellen bis nahe an die Austrittsstelle des Sehnerven, zwisehen dessen bogenförmig eonvergirende Faserzüge, sich einsehiebt. Unter den Fasern, von welehen die innere Sehicht durchzogen ist, fallen die radiär gerichteten sofort dureh ihren Glanz, ihre verhältnissmässige Stärke und starre Beschaffenheit auf. Eine zweite Art von Fasern verläuft, je mehr gegen die Austrittsstelle des Sehnerven zu, um so mehr zu kleinen Bündelehen sieh vereinigend, vorwiegend bogenförmig dureh die innere Schicht, mit dem einen Ende des Bogens stets der Austrittsstelle des Sehnerven zustrebend. Sie sind viel blasser und feiner als die radiären Fasern. Die zartesten und blassesten Fasern endlieh sind die stets nur auf eine kurze Streeke verfolgbaren, in die feingranulirte Substanz sieh einsenkenden blassen Fortsätze der in ihr liegenden Zellen. Vgl. Taf. XI. Fig. 4.

Der Nervus optieus durehsetzt in der Mitte des hinteren Umfanges des Auges die äusseren Sehiehten der Retina und die Pigmentlamelle, um als 0,4 dieker Stamm das Auge zu verlassen. Er erhält alsbald naeh seinem Durehtritt dureh die Pigmentlamelle eine bindegewebige Umhüllung; seine Fasern sind im ganzen Verlauf sehr dünn, durehaus ohne Markseheide, zwischen denselben finden sieh von Stelle zu Stelle sehmale ellipsoidisehe Kerne von 0,002—0,004 Dieke bei 0,01

Länge, deren Beziehungen zu Fortsätzen der bindegewebigen Kapsel oder besonderen Stützmembranen bei der dichten Lagerung der Nervenfasern und dem Mangel entwicklungsgeschichtlicher Anhaltspunkte sich nicht feststellen lassen.

Dicht hinter dem Auge tritt der Nervus opticus jederseits über den Ramus cutaneus superior posterior des Nervus trigeminus unmittelbar vor dessen Ursprung an die laterale Fläche des Ramus ophthalmicus nervi trigemini; er hat in diesem Verlauf die Arteria ophthalmica an seiner unteren Fläche. Er bleibt an der Aussenseite dieses Nerven nur eine ganz kurze Strecke, um in einer Entfernung von 0,8 vom vorderen Ende der Gehirnkapsel unter dem Vorderende des Ganglion nervi trigemini gerade nach innen zu treten; er durchsetzt alsbald dicht vor der Eintrittsstelle der Carotis die Schädelwand und verläuft an der Vorderhirnbasis gerade nach innen und etwas nach rückwärts, um 0,15 von der Mittellinie entfernt, in die Substanz des Vorderhirnes sich einzusenken. Seine bindegewebige Hülle geht an der Eintrittsstelle in die Leptomeninx über. Vgl. Taf. XI. Fig. 2.

Das Vorderhirn zeigt in seinem basalen Abschnitt bereits die Gliederung, welche sämmtlichen höheren Wirbelthierklassen zukommt: ein vorderer Abschnitt enthält das schmale von cylindrischem Epithel ausgekleidete Vorderende der Vorderhirnhöhle; er charakterisirt sich durch seine Lagerungsbeziehung zum Sehnerven als Trigonum cinereum. Die Vorderhirnhöhle steigt vom Trigonum cinereum an beträchtlich in die Höhe, um hinter dem Chiasma unter Erweiterung zum Infundibulum nach abwärts sich zu senken, wo sie in den geräumigen, in einer leichten Vertiefung der Schädelinnenfläche liegenden Processus infundibuli sich fortsetzt, der bei Myxine glutinosa durch die ganze Dicke der Schädelbasis von der unterliegenden Hypophysis geschieden wird, wie ich ausführlich in der Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften Band VI. S. 354 auseinandergesetzt habe. Der Raum zwischen Trigonum cinereum und Infundibulum wird eingenommen von dem Chiasma nervorum opticorum. Dieses liegt bei Myxine glutinosa ziemlich tief in der Substanz der Vorderhirnbasis verborgen, eine Lagerung, welche in dieser Weise bei keiner der höheren Wirkelthierklassen, selbst nicht bei den Petromyzonten, sich wiederholt. Beide Sehnerven gehen von der Eintrittsstelle in die Vorderhirnbasis an als 0,5 dicke Nervenfaserbündel schief nach innen und oben, zugleich etwas nach rückwärts, bis sie in einer Entfernung von 0,26 über der ventralen Fläche auf einander treffen. Schon während dieses Verlaufes lösen sich einzelne Bündel von dem Nerven ab, an der Berührungsstelle wird diese Auflösung allgemein, die dabei entstehenden Bündel durchkreuzen sich und nehmen zugleich horizontalen und etwas nach rückwärts gerichteten Verlauf an. Vgl. Tafel XI. Fig. 5. Die einzelnen Bündel sind 0,01—0,03 breit, die Nervenfasern sehr fein, zwischen den Bündeln finden sich Nester runder und elliptischer Zellen mit spärlichem feinkörnigen

Protoplasma, und grossem runden Kern von 0,007—0,009 Diam. Diese Zellen haben stets zarte Faserhüllen um sich, sie besitzen mindestens zwei zarte Fortsätze, mit den Primitivfasern des Opticus stehen sie nicht nachweisbar in Zusammenhang. Sie gleichen dagegen vollkommen den Zellen, welche in ziemlich dichter Lagerung in die Substanz der Vorderhirnbasis unterhalb des Chiasma eingebettet sind. Vgl. Tafel XI. Fig. 5 *e*. Fig. 6 *b*. Von dem Chiasma aus verlaufen die beiden Tractus nervorum opticorum an der Aussenfläche der Seitenwand des Vorderhirnes nach rückwärts und etwas nach oben, um schliesslich in der feingranulirten Substanz der hinteren Partie des letzteren zu endigen.

Was die Deutung des Befundes anbetrifft, welchen das Sehorgan von Myxine glutinosa gewährt, so unterscheidet sich der die Erregung von der Retina zum Vorderhirn leitende Abschnitt von jenem der höheren Vertebraten durch den Umstand, dass das Chiasma in der Substanz der Vorderhirnbasis verborgen liegt. Dies ist nur dadurch möglich, dass der zwischen den beiden Augenblasenstielen ursprünglich liegende Abschnitt des Vorderhirnes in beträchtlicheren Dimensionen Stützsubstanz und specifische Bestandtheile entwickelt, während er bei den höheren Wirbelthieren eine Rückbildung erfahren hat.

Das Auge selbst zeigt bei Myxine einen Bau, welcher mit der Annahme stimmt, dass dasselbe noch in der Entwicklung zu dem complicirten Apparat, welchen die höheren Vertebraten besitzen, begriffen ist. Mit der äusseren Musculatur fehlt die Sonderung der Mesodermhülle in eine innere gefässreichere und eine äussere gefässarme Schicht; mit der Linse fehlt die Iris und die zugehörige innere Musculatur. Die Einstülpung der lateralen Wand der ursprünglichen Augenblase ist bereits vorhanden, sie ist bedingt durch die Entwicklung einer papillenartigen Gefässschlinge, welche gleich der ganzen Mesodermhülle dem Gebiet der Arteria ophthalmica angehört, und ihre Adventitia in Schleimgewebe umwandelt. Dieser Schleimgewebestock kann nur der Glaskörperanlage der höheren Wirbelthiere entsprechen; es verdickt sich der Theil der primitiven Augenblase, welcher einen besonderen Abschnitt des Gefässsystems zugewiesen erhält. Aus dem Fehlen der Linse bei Vorhandensein eines Glaskörpers ergibt sich der für die Phylogenese wichtige Schluss, dass die Glaskörperanlage älter ist als die Bildung der Linse, das Fehlen der Linse erklärt sich einfach aus dem Umstand, dass die Energie des Wachsthums der beiden Augenblasen noch nicht so beträchtlich ist, dass die Haut unter Verdrängung der zwischenliegenden Muskelanlagen erreicht würde. Die geringere Energie in der Entwicklung des Sehorgans bei Myxine ist aber höchst wahrscheinlich eine Folge der unverhältnissmässigen Entwicklung, welche zunächst das Witterungsorgan erfahren hat; damit ist ein Anschluss an die Tunicaten gegeben, insofern bei diesen das Geruchsorgan das constantere und in vielen Fällen

entwickeltere Organ ist. Pigmentlamelle und Retina zeigen einen Bau, welcher mehrfach an frühe Entwicklungsstadien der höheren Vertebraten erinnert. Die Pigmentlamelle hat die Fortsätze bereits entwickelt, durch welche sie in die Peripherie der Retina eingreift, aber diese Fortsätze entbehren noch des Pigments. Die grossen die Peripherie der Retina in einfacher Lage einnehmenden Zellen sind ganz sicher die eigentlichen Sinneszellen, welche in der nachstehenden Abhandlung durchweg als Sehzellen bezeichnet werden sollen, sie sind aber noch rings von Stützgewebe umgeben, gerade wie in früheren Entwicklungsperioden die Sehzellen der höheren Wirbelthiere, ehe sie über die Limitans externa hinaus sich verlängert haben. Damit steht in Einklang, dass Cuticularfortsätze und Abscheidungen im Protoplasma den Sehzellen der Myxine noch vollständig abgehen. In Folge der ganzen Anlage des Auges liegt die Ausbreitung der Sehnerven im Augeninneren, die percipirenden Elemente sind nach aussen gerichtet; damit ist wieder ein Anschluss an entsprechende Verhältnisse bei Wirbellosen gegeben, ausserdem das für die Wahrnehmung von Lichtwellen günstigste Verhältniss hergestellt. Das Vermögen dieser Wahrnehmung hat Myxine glutinosa, die übrigens gleich allen Cyklostomen ein Nachtthier ist, ganz bestimmt, wie aus dem einfachen Experiment sich ergibt, dass das Thier in flaches ruhiges Wasser über Felsgrund geworfen, vorhandene Steine bei dem Schwimmen vermeidet.

Die Deutung der einzelnen Schichten der Retina ergibt sich nach dem bereits Angeführten unschwer. Die äusserste Schicht entspricht der Sehzellenschicht (Stäbchen- und äusseren Körnerschicht) der höheren Wirbelthiere, da mit dem Mangel von Fortsatzbildungen an den Sehzellen die äussere Körnerschicht in letzteren aufgeht. Die an runden Zellen reiche zweite Schicht entspricht der inneren Körnerschicht der Autoren, sie ist aber von der Sehzellenschicht noch nicht durch eine äussere granulirte Schicht getrennt. Auch in diesem Punct entspricht der Befund früheren Entwicklungsstadien der höheren Wirbelthiere. Die innerste Schicht enthält die Elemente der granulirten, gangliösen und der Opticusfaserschicht der Autoren, aber nicht in der regelmässigen Folge, wie sie später zur Ausbildung gelangt. Die starren Faserzellen, welche in vorwiegend radiärer Richtung die ganze Retina durchsetzen, entsprechen bestimmt den Radialfasern; ihre Entwicklung aus den sich schichtenden epithelialen Elementen der Umschlagsstelle lässt sich kaum bei einem zweiten Thiere so bequem verfolgen wie bei Myxine. Bleibende Bestandtheile, welche aus dem Mesoderm ableitbar wären, besitzt die Retina von Myxine überhaupt nicht; dies kann nicht genug hervorgehoben werden, weil daraus sofort sich ergibt, dass von einer Neuroglia, d. h. einer modificirten aus dem Mesoderm ableitbaren Bindesubstanz, in der Retina dieses Thieres keine Rede sein kann. Was an Stützgewebe in derselben sich vorfindet, ist Alles aus der Anpassung eines

Theils der indifferenten die Anlage ursprünglich herstellenden Epithelialgebilde des Neuroderm hervorgegangen; dies gilt aber, wie aus dem folgenden Abschnitte sich ergeben wird, für das Stützgewebe der Retina aller Wirbelthiere. Es wird aus diesem Grunde eine besondere Bezeichnung für die nicht nervösen, aber aus dem Neuroderm, d. h. in letzter Instanz dem Ektoderm abstammenden Bestandtheile der Retina sich nothwendig machen; sie werden im Folgenden stets als dem Stützgewebe, Fulcrum angehörig bezeichnet werden. (G. Schwalbe hat diese Unterscheidung für die höheren Wirbelthiere in dem Artikel „Retina" des Handbuchs von Gräfe und Sämisch bereits betont und eine Aenderung der üblichen Terminologie im Sinne der hier vertretenen vorgeschlagen.)

---

3. Das Sehorgan von Petromyzon.

Ueber die Entwicklung des Auges von Petromyzon Planeri finden sich Angaben bei Max Schultze (Die Entwicklungsgeschichte von Petromyzon Planeri. Haarlem 1856. 4. S. 20). Nach diesen tritt das Auge nach dem Ausschlüpfen auf als ein schwarzer Pigmentfleck zur Seite des vorderen Hirnendes, gerade über dem abgerundeten Ende der Chorda. Es liegt unter der Haut, ohne die geringste äusserlich sichtbare Hervorragung zu bilden, und da die Haut ziemlich dicht dem Gehirn anliegt, so befindet sich auch zwischen Auge und Gehirn nur ein geringer Zwischenraum. Das Auge besteht aus Nichts als einem schwarzen Pigmentfleck, welcher, wie ein Uhrglas gestaltet, die Convexität nach aussen und vorne gerichtet zeigt. Das netzförmig angeordnete Pigment scheint auf der Oberfläche eines halbkugeligen durchsichtigen Körpers zu liegen. Später wird die Pigmentlage dichter und verliert mehr und mehr das netzförmige Aussehen. Doch hatte sie auch sechs Wochen nach dem Auskriechen noch keine grössere Ausdehnung gewonnen und das Auge stellte auch dann noch Nichts von weiteren Complicationen dar.

Ueber die Entwicklung des Auges von Petromyzon fluviatilis berichtet Owsjannikoff (Mélanges biologiques de l'Acad. de St. Pétersb. T. VII. S. 188. 1869), dass dasselbe aus kleinen Häufchen von Nervenzellen entsteht, welche an der Seite des Mittelhirns liegen. Sie bestehen schon bei ganz jungen Embryonen aus Nervenelementen, Pigmentkapsel und einem Körper, der als Glaskörper angesehen werden kann.

Von dem Auge der Petromyzonlarve gibt Rathke (Neueste Schriften der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig. II. S. 97. Halle 1827) an, dass Cornea und Sklera sehr dünn sind und die kugelrunde Linse beinahe die ganze Hälfte des Auges ausfüllt.

Nach den Beobachtungen von Langerhans (Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg 1873. S. 56 ff.) liegt zwischen dem Auge und dem durchsichtigen Theil der Haut noch eine bis zu 0,3 dicke Schicht von Unterhautbindegewebe. Die Descemet'sche Haut ist nach ihm eine Fortsetzung der Chorioidea, ebenso die Iris in ihrem vorderen Abschnitt, während der hintere von einem dünnen Fortsatz der Retina gebildet wird.

Die Retina unterscheidet sich nach Langerhans von jener des geschlechtsreifen Thieres durch Mangel einer Granulosa externa, sowie der Stäbchen und Zellenschicht, ferner durch mächtige Entwicklung der Membr. limitans externa.

Von dem Sehorgan der entwickelten Thiere hat Rathke (Bemerkungen über den inneren Bau der Pricke. Danzig 1825. S. 88) angegeben, dass die Haut über das Auge hinweggeht und mit der durchsichtigen unterliegenden Hornhaut nur durch ein weiches Schleimgewebe verbunden ist. Langerhans hat diese Angabe genauer dahin präcisirt, dass die Hornhaut Rathke's der Descemet'schen Membran entspricht und das Corneaepithel nur durch den Mangel an Kolben und Körnerzellen vor dem übrigen Hautepithel ausgezeichnet ist.

Das Vorhandensein einer sehr dünnen Sklera, einer mächtigen Chorioidea, einer Iris und Linse hat Rathke constatirt. Die Linsenfasern von Petromyzon marinus sind nach den Beobachtungen Gulliver's (Monthly microscopical Journal. April 1869) nahezu gleich breit, abgeflacht, seitlich durch Nähte verbunden, 0,0056 bis 0,0014 breit.

Von der Netzhaut hat schon Rathke angegeben, dass sie nirgends unterbrochen oder eingeschnitten ist. Ueber ihre Textur hat Heinrich Müller (Gesammelte und hinterlassene Schriften. Leipzig 1872. S. 64. 69. 154) berichtet, dass Petromyzon fluviatilis nur verschieden lange, zwischen einander geschobene Zapfen, Petromyzon marinus dagegen lange Zapfen und vielleicht kurze Stäbchen habe. In der Zwischenkörnerschicht fand Heinrich Müller ähnliche Zellen wie bei dem Barsch. Nach den Angaben Max Schultze's (Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft. Sitzung vom 6. November 1871.) besitzt die Retina von Petromyzon fluviatilis eine von der aller höheren Vertebraten abweichende Schichtenfolge. Der ausschliesslich Zapfen führenden äussersten Schicht, den äusseren Körnern und der äusseren granulirten Schicht folgt nach ihm die Ganglienzellenschicht und die der Opticusfasern. Erst auf diese folgt eine innere Körner- und eine innere granulirte Schicht, welche vom Glaskörper durch eine Limitans interna geschieden wird.

Dieser Auffassung schliesst sich im Wesentlichen Paul Langerhans für Petromyzon Planeri an. Er unterscheidet nach innen vom Pigmentepithel lange Stäbchen und kurze Zapfen. Die Limitans externa wird nach ihm durch feine verzweigte Fasern verstärkt, welche vollkommen mit dem Bindegewebe der granu-

lirten Schichten übereinstimmen. Zwischen Limitans und Granulosa externa finden sich zarte, zum Theil kernführende Bindegewebsfasern, die in continuirlichem Zusammenhang mit der äusseren granulirten Schicht stehen, welche aus einem feinen Netzwerk besteht, dessen Knotenpunkte leicht den Eindruck von Körnchen machen. Das Netzwerk geht aus den Kelchen der Kornfasern hervor. Auf die äussere granulirte Schicht folgt nach Langerhans eine doppelte Ganglienzellenschicht mit zwischenbefindlicher Faserlage. Die Ganglienzellen zeigen an der nach aussen gewandten Seite eine grössere Zahl von Fortsätzen, an der entgegengesetzten Seite läuft nur von einem Winkel ein breiterer Fortsatz aus, der sich direct in eine Opticusfaser fortsetzt. Dazwischen finden sich unvollständige bindegewebige Scheidewände, die sich nach innen in starre Fäden fortsetzen, nach aussen in die Granulosa überzugehen scheinen. Die äusseren Fortsätze der Ganglienzellen dringen in die Faserkelche von Stäbchen und Zapfen eine Strecke weit ein. Die Elemente der zwischenliegenden Faserschicht sind zum grossen Theil Opticusfasern, welche aber nicht direct mit dem eintretenden Sehnerven zusammenhängen, sondern ihre Elemente wohl von der primären Opticusfaserschicht beziehen.

Die auf die Ganglienzellen folgenden inneren Körner lassen dreierlei Elemente unterscheiden: Zellen der Radialfasern, gewöhnliche nervöse Körner und kleine Ganglienzellen, die etwas grösser sind als jene Körner und in der Richtung ihrer Ausläufer nicht mit ihnen übereinstimmen. Die darunter liegende Schicht ist die Schicht der primären Opticusfasern; sie erfahren bei ihrem Eintritt in die Retina eine Art von Kreuzung und geben Fasern an die unterliegende Granulosa und an die äusseren Lagen ab. An der Eintrittsstelle selbst liegen zwischen dem Sehnerven und der Granulosa interna Kerne, die wohl wesentlich bindegewebigen Elementen angehören, sonst sind im Opticus keine anderen Kerne vorhanden.

Nach innen von dem primären Zug der Opticusfasern liegt die Granulosa interna und zuletzt die dünne Limitans interna; in der Granulosa liegen zwei Reihen von Kernen, kleinere und grössere. Die ersteren gehören sehr kleinen Zellen an, welche mit ihrem ganzen Leib in continuirlicher Verbindung mit dem rein reticulären Gewebe der Granulosa interna stehen. Die grossen Kerne gehören ächten Ganglienzellen an, sie überwiegen in der inneren Reihe.

W. Krause (Prager Vierteljahrsschrift. Bd. 116. S. 29) glaubt die Angaben Max Schultze's auf das bei den übrigen Wirbelthieren vorhandene Schema des Retinabaues zurückführen zu können.

G. Schwalbe (Gräfe und Sämisch, Handbuch der gesammten Augenheilkunde. Bd. 1. S. 360) schliesst sich in der Deutung der grossen Zellen der Zwischenkörnerschicht der Auffassung Heinrich Müller's an und hält die Deutung, welche Langerhans denselben gegeben hat, für unbegründet.

Die sechs Augenmuskeln sind von Rathke richtig beschrieben. Stannius (Göttinger Nachrichten 1851. S. 225) hat die wichtige Beobachtung hinzugefügt, dass dieselben eine quergestreifte Rinde, dagegen in der Axe einen ungestreiften protoplasmatischen Inhalt haben.

Der Verlauf des Nervus opticus, der Arteria ophthalmica und das Verhalten des Chiasma ist von Rathke der Hauptsache nach richtig dargestellt. Die Tractus nervorum opticorum verlaufen nach Langerhans an der Aussenfläche des Lobus ventriculi tertii nach hinten, aussen und oben und strahlen oben büschelförmig auseinander.

Meine eigenen Untersuchungen sind, was die frühesten Entwicklungsstadien des Sehorgans anbetrifft, an Embryonen und seit Kurzem ausgeschlüpften Larven des Petromyzon fluviatilis geführt, welche mir von Herrn Steenstrup mit dankenswerther Liberalität aus dem Kopenhagener Museum zur Disposition gestellt wurden. Die Entwicklung des Sehorgans der Larven verfolgte ich an Petromyzon Planeri, ebenso das Verhalten zur Zeit der Metamorphose und im Zustande der vollkommenen Ausbildung. Eine Anzahl jüngerer Larven des Thieres stellte mir Herr August Müller in Königsberg, der Begründer unserer heutigen Kenntnisse von der Metamorphose desselben, zur Disposition, den weitaus grössten Theil des Materiales sammelte ich selbst und bin dabei von verwandter und befreundeter Seite, namentlich meinem Bruder, Bezirksgerichtsrath August Müller in Hof, meinen beiden Schwägern, Oberbürgermeister Fürbringer in Weimar und Pfarrer Eilhardt in Lohma, endlich von einem der gründlichsten Kenner der Fischfauna der Elster, Herrn Fabrikanten Lindner in Greiz, in einer Weise gefördert worden, welche ich öffentlich anerkennen muss. Zum Vergleich untersuchte ich das ausgebildete Sehorgan von Petromyzon fluviatilis und Lampetra marina.

Das früheste Stadium in der Entwicklung des Sehorgans beobachtete ich an Embryonen des Petromyzon fluviatilis, an welchen das Vorderende des Körpers 0,45 über das kugelig verdickte umgebogene Hinterende vorragte. Die Vorragung hatte 0,3 Dicke und walzenförmige Gestalt; die Entodermhöhle endete abgerundet gerade unterhalb des schmalen abgerundeten, etwas ventralwärts gebogenen Chordaendes. Das Vorderhirn hatte die Gestalt einer umgekehrten Retorte und erstreckte sich als ein kugeliger Hohlkörper von 0,13 Länge bei 0,19 Höhe vor der Chorda und dem Vorderende der Entodermhöhle nach abwärts. 0,06 hinter seinem abgerundeten Vorderende zeigte dasselbe beiderseits eine flache, 0,3 im Durchmesser haltende, seitliche Ausbuchtung, welche mit der Höhle des Vorderhirnes in weiter Communication stand. Sowohl die Wand dieser Ausbuchtung als jene des Vorderhirnes bestand durchweg aus cylindrischem, durch feine Körnchen gelblich gefärbtem Epithel.

Das nächste Stadium beobachtete ich an Embryonen mit der Anlage der vorderen vier Kiemensäcke. Das Vorderende des Körpers ragte hier 0,75 über

das verdickte noch umgebogene Hinterende hervor. Die Vorderhirnblase war geräumiger, als in dem vorhergehenden Stadium; die beiden seitlichen Ausbuchtungen lagen 0,065 von ihrem Vorderende entfernt und sassen mit einer halsartigen Verengerung der seitlichen Wand an.

Bei einem Embryo von 4,2 Länge mit verdicktem, aber bereits gestrecktem Hinterleib, sieben Kiemensäcken und deutlicher Mundeinstülpung lag die Augenblase als ein 0,033 langer, 0,023 breiter, mit schmalem Lumen versehener Körper dicht unter dem Ektoderm an der Seite des Vorderhirnes, aus dessen oberen Seitenpartien das Grosshirn hervorzusprossen begonnen hatte. An der Augenblase war eine 0,003 dicke, aus kleinen glänzenden, spindelförmigen und netzförmigen Zellen mit ganz vereinzelten schwarzen Pigmentkörnern bestehende Hülle unterscheidbar.

Bei einer Larve von 7 Mm. lag das Auge als 0,09 hoher, 0,07 breiter Körper dicht vor dem Gehörorgan, gerade vor und über dem dorsalen Ansatz des Schlundsegels. Die Hülle zeigte dieselbe Beschaffenheit wie in dem vorhergehenden Stadium, die Wand bestand aus cylindrischem Epithel. Ein Querschnitt aus diesem Stadium ergab ein Bild, dessen Wiedergabe auf Tafel X. Fig. 8 versucht ist. Der noch hohle Augenblasenstiel erstreckte sich von der Vorderhirnbasis schräg nach aussen und oben zu der länglichen Augenblase. Letztere hatte 0,09 Länge bei 0,046 Dicke und berührte mit ihrer äusseren Fläche das Ektoderm, welches anscheinend ohne Verdickung über sie hinwegzog. Sie war umgeben von einer 0,004 dicken Hülle mit kaum angedeuteter Pigmentirung, aus spindelförmigen Zellen bestehend, die Wandung der Augenblase selbst war 0,01 dick und bestand aus geschichtetem cylindrischen Epithel. Weder Glaskörper noch Linse liessen sich nachweisen, wobei jedoch ausdrücklich bemerkt werden muss, dass ich bei der Kleinheit des ganzen Auges und dem Mangel einer genügenden Controlle, da ich nur ein Exemplar zu Querschnitten verwenden konnte, einen Irrthum in letzterem Punkte von meiner Seite für möglich halte.

Dies war das vorgeschrittenste Stadium, welches ich an Petromyzon fluviatilis zu untersuchen Gelegenheit hatte. Es folgt aus diesen Beobachtungen, dass das Sehorgan von Petromyzon in seiner Anlage dem für alle Wirbelthiere gültigen Gesetze folgt, indem es aus einer paarigen seitlichen Ausbuchtung der Vorderhirnblase hervorgeht, welche sich zu den zwei Augenblasen abschnürt. Die eigentliche Anlage des Organes haben weder Max Schultze noch Owsjannikoff gesehen, wie schon aus dem Umstande sich ergibt, dass die Pigmentirung der Hülle auch in den spätesten von mir beobachteten Stadien kaum angedeutet war.

Ich muss es dahin gestellt sein lassen, ob die Bildung der Linse wirklich erst später erfolgt, wenn schon beträchtlichere Pigmentirung in der Mesodermhülle der Augenblase stattgefunden hat, oder ob diese Entwicklung zur Zeit des Aus-

schlüpfens schon vor sich gegangen ist. Darüber aber kann meiner Ansicht nach kein Zweifel bestehen, dass auch in Bezug auf die Entwicklung der Linse Petromyzon dem für alle Wirbelthiere gültigen Gesetze folgt, nach welchem die Linse durch eine Einbuchtung und nachfolgende Abschnürung des ganzen Hornblattes zu Stande kommt. Die Fig. 9 auf Tafel X. gibt eine getreue Abbildung des Befundes, wie derselbe constant bei dem Hühnchen angetroffen wird, wenn fünf Muskelsegmente jenseits der Eintrittsstelle der Vasa omphalo-mesenterica zur Anlage gekommen sind. Die vollkommene Uebereinstimmung dieser Abbildung mit den Befunden von Remak, Lieberkühn und His bedarf nicht erst der besonderen Betonung. Dasselbe Gesetz gilt, wie ich gegenüber Remak, Schenk und Arnold behaupten muss, auch für Fische, Amphibien und Säugethiere, wie meine Untersuchungen an der Forelle, an Triton und dem Kaninchen mich gelehrt haben.

Die folgenden Angaben über die weitere Entwicklung der einzelnen Abschnitte des Sehorganes gründen sich sämmtlich auf die Untersuchung von Petromyzon Planeri.

Bei der Larve von 14 Mm. hatte das Auge kuglige Gestalt und einen Durchmesser von 0,1 und lag dicht unter der Oberhaut. Letztere bestand aus dem 0,013 dicken Epithel, dessen äussere Zellen einen dünnen Cuticularsaum erkennen liessen, und einer 0,003 dicken, aus schmalen, spindelförmigen Zellen in sehr dichter Lagerung gebildeten Cutislage. Das Auge hatte eine 0,007 dicke, aus spindelförmigen Zellen gebildete Kapsel, welche am medialen und dorsalen Abschnitt dicht schwarz pigmentirt war und sich zwischen äusserer Fläche der Linse und der dünnen Cutis in eine einfache Lage flacher 0,002 dicker, 0,005 langer pigmentfreier Zellen fortsetzte. Ein dünner, aus locker stehenden, spindelförmigen Zellen gebildeter Fortsatz der Kapsel war zwischen hinterer Fläche der Linse und Retina wahrnehmbar. Vgl. Tafel XII. Fig. 3. Die Linse war 0,066 lang, 0,02 dick, ihre Höhle schmal, scharf begrenzt, vollkommen leer, die Wandung von einer einfachen Schicht cylindrischer Epithelien hergestellt. Die beiden Lamellen der Augenblase waren von verschiedener Dicke, die Pigmentlamelle von einer einfachen, die Retina von einer mehrfachen Schicht cylindrischen Epithels gebildet.

Bei Larven von 25 Mm. besass das Auge einen Durchmesser von 0,16, bei solchen von 30 Mm, einen Durchmesser von 0,19. Es lag bei letzteren 0,07 unter der Oberfläche, die Bedeckung bestand aus der 0,04 dicken Epidermis mit drei Zellenlagen, einer äusseren hellen mit dickem Cuticularsaum, einer mittleren, an Körnerzellen reichen, und einer inneren, aus kleinen cylindrischen Zellen bestehenden. Darunter lag die 0,02 dicke, aus straffem parallelfasrigen Bindegewebe bestehende Cutis und unter ihr eine 0,012 mächtige Lage lockerer Bindesubstanz. Vgl. Tafel XII. Fig. 4. Auf sie folgte die Augenkapsel. Sie bestand in ihrem vorderen Abschnitt aus einer

einfachen Lage quadratischer und keilförmiger 0,008 hoher, 0,004 breiter Zellen, welchen nach aussen gegen die Haut zu eine 0,003 dicke, homogene, glänzende Membran anlag: Die Descemet'sche Membran mit ihrer endothelialen Matrix, wie Langerhans richtig erkannt hat. In der Nähe des Linsenrandes hing der vordere Abschnitt der Augenkapsel mit dem hinteren zusammen. Dieser war beträchtlich dicker, aus spindelförmigen Zellen bestehend und, wie früher, in seiner dorsalen und medialen Partie dicht schwarz pigmentirt, während die ventrale Partie nur medianwärts Pigmentirung zeigte. Muskelanlagen liessen sich in der Nähe der Kapsel noch nicht mit Sicherheit von dem umgebenden Gewebe unterscheiden. Die Hülle des Auges sandte zweierlei Fortsätze in dessen Inneres: An der Uebergangsstelle in die vordere Wand hing die Linsenkapsel, deren vorderes Blatt von der Matrix der Descemet'schen Haut in ganzer Ausdehnung getrennt war, durch einen schmalen Zug spindelförmiger Zellen mit der Hülle noch zusammen. Vgl. Tafel XII. Fig. 4. In beiden Blättern der Linsenkapsel waren die dünnen, spindelförmigen Kerne ihrer Bildungszellen noch erkennbar, was deren Auffassung als Cuticularbildung ohne Weiteres widerlegt. Ausserdem entsandte die Augenkapsel in der Mitte der ventralen Fläche, dicht hinter der Verbindung mit der Linsenkapsel, den annähernd pilzförmig gestalteten Glaskörperfortsatz in den Raum zwischen Linse und Retina. Der Stiel dieses Fortsatzes lag in einer 0,036 langen, 0,01 breiten Kerbe beider Lamellen der secundären Augenblase; er sowohl wie der eigentliche Glaskörper bestanden aus Schleimgewebe mit spärlichen, theils runden, theils verästelten Zellen, das an der Oberfläche durch eine feine Membran begrenzt war.

Die Linse war 0,108 lang, 0,04 dick, ihre Höhle 0,07 lang, 0,01 weit, die vordere Wand 0,012, die hintere 0,02 dick, die letztere von zwei- bis mehrschichtigem cylindrischen Epithel von 0,012 Höhe bei 0,004 Dicke gebildet. Die Pigmentlamelle der Retina war 0,004 dick und bestand wie früher aus einschichtigem cylindrischen Epithel; die Retina verdickte sich von der Umschlagsstelle an rasch auf 0,03 und bestand aus geschichtetem Cylinderepithel mit eben erkennbarer Membrana limitans externa. Im Augenhintergrunde zeigte ihr Bau insofern eine Complication, als in einem Umkreis von 0,1 Durchmesser die der Einmündung des Augenblasenstiels in die Pigmentlamelle gegenüberliegenden Zellen der Retinaanlage mit cylindrischen Fortsätzen über die Limitans externa sich verlängerten welche in der Peripherie niedrig beginnend gegen die centralen Partien hin allmählich die Höhe von 0,01 bei 0,003 Dicke erreichten. Diese Fortsätze waren mehr ins Gelbliche gefärbt und etwas mehr glänzend als die Anlagezellen der Retina selbst, weitere Complicationen im Bau liessen sich an ihnen nicht feststellen.

Bei Larven von 40 Mm. hatte das Auge einen Durchmesser von 0,24, bei solchen von 45 Mm. einen Durchmesser von 0,20. Das Auge lag bei letzteren 0,165 unter der

Oberfläche. Die Bedeckung bestand aus der 0,07 dicken Epidermis mit 0,004 dickem von Porenkanälen dicht durchsetzten Cuticularsaum, der 0,06 dicken parallelfasrigen Cutis und einer 0,035 dicken lockeren subcutanen Bindegewebslage. Der vordere Abschnitt der Augenkapsel bestand wie in dem vorigen Stadium aus einer einfachen Lage cubischer 0,006 dicker Zellen, welche nach aussen gegen die Haut von einer homogenen glänzenden 0,004 dicken Membran begrenzt wurden. Der hintere Abschnitt der Kapsel war beträchtlich dicker, 0,023 messend; Bau und Pigmentirung verhielten sich wie früher. An der Aussenfläche der Kapsel inserirten sich jetzt erkennbare Muskeln; sie bestanden durchweg aus spindelförmigen bis 0,02 langen Zellen mit ellipsoidischen Kernen von 0,003 Dicke bei 0,005—0,007 Länge; ihr Protoplasma liess in der Peripherie Andeutung von Querstreifung erkennen, während die angrenzenden Körpermuskeln die fibrilläre Beschaffenheit und Querstreifung vollkommen ausgebildet zeigten. Dies stimmt mit der Annahme, dass die Augenmuskeln in viel späterer Zeit als die Körpermuskeln zur Anlage kommen.

Von den Fortsätzen der Mesodermhülle des Auges stellte die Linsenkapsel eine homogene dünne Membran dar, welche am Rand mit der Augenkapsel noch zusammenhing. Die früher wahrnehmbaren Kerne hatten sich abgeflacht und waren nur zur Noth noch stellenweise auffindbar.

Die Glaskörperanlage bestand wie früher aus dem Stiel und dem eigentlichen Glaskörper; die Spalte der beiden Lamellen der Augenblase, in welcher der Stiel lag, war jetzt 0,048 lang, am hinteren Ende der Quere nach etwas verbreitert, von der Einmündung des Augenblasenstiels 0,18 entfernt; Glaskörper und Stiel enthielten in ihrem Schleimgewebe sparsame Zellen.

Die Linse war 0,16 hoch, 0,092 dick, die vordere Wand 0,016, die hintere 0,042 mächtig, die Höhle scharf begrenzt, vollkommen leer, 0,11 hoch, 0,033 weit.

Die Pigmentlamelle der Retina war 0,004 dick, aus einer einfachen Schicht von Zellen bestehend. Die Retina hatte an der Austrittsstelle des Sehnerven eine Dicke von 0,06; ihr Bau war in den seitlichen Abschnitten wie früher der gewöhnlichen geschichteten Cylinderepithels; in der Mitte des Augenhintergrundes waren die Fortsätze der peripheren Epithelschicht in einem Umkreis von 0,11 Durchmesser über die Limitans externa hinaus entwickelt. Zugleich waren in diesem Bezirk die Anfänge weiterer Complicationen im Bau erkennbar. In einer Entfernung von 0,016 von der Limitans externa fand sich zwischen den cylindrischen Anlagezellen der Retina eine unzusammenhängende einfache Lage rundlicher 0,004 im Durchmesser haltender Zellen, welche die Retina unvollkommen in einen äusseren dünneren und einen inneren etwas dickeren Abschnitt theilten. In dem inneren Abschnitt waren die Radialfaserzellen mit ihren Fortsätzen zur Limitans interna durch ihre grössere Länge von den umgebenden Zellen unterscheidbar.

Der Sehnerv war an seiner Austrittsstelle aus der Retina in Form einer 0,016 im Durchmesser haltenden Unterbrechung der äusseren Retinalagen erkennbar und bestand aus äusserst feinen Fibrillen, welche alsbald zwischen den mehr nach innen zu gelegenen Elementen der Retina sich verloren. Die Pigmentlamelle hing an seiner Austrittsstelle mit den Zellen des ursprünglichen Augenblasensticls nicht mehr continuirlich zusammen, in dem letzteren war vielmehr eine wichtige Veränderung aufgetreten. Seine Gestalt war wie früher cylindrisch, die Dicke betrug 0,033. Umgeben war derselbe von einer dünnen verästelte Pigmentzellen führenden Mesodermhülle. Auf diese folgten in 0,004 dicker Schicht die äusserst feinen längs verlaufenden Nervenfasern, ohne zwischengelagerte Zellen oder Kerne, während die ursprünglich das Lumen des Augenblasenstiels auskleidenden Epithelien unter Obliteration des Lumen in dessen Axe zu einem 0,025 dicken Strang zusammengedrängt waren, welcher aus dicht aufeinanderfolgenden mit zarten, nach der Peripherie gerichteten Ausläufern und ellipsoidischem Kern von 0,003 Breite und 0,006 Länge versehenen quer zur Längsaxe des Augenblasenstiels gestellten flachen Zellen bestand. An der Eintrittsstelle des Augenblasenstiels in die Vorderhirnbasis hing dieser Axenstrang mit dem Epithel der hinteren Wand des Trigonum continuirlich zusammen, während die Nervenfasern an dessen hinterer Fläche gerade nach einwärts verliefen, um mit denen der anderen Seite sich kreuzend zur gegenüberliegenden Hälfte des Vorderhirns zu gelangen.

Bei der Larve von 60 Mm. Länge hatte die Retina eine Maximaldicke von 0,07; sie unterschied sich von dem vorhergehenden Stadium durch etwas deutlichere Markirung der Schicht rundlicher Zellen, welche eine unvollkommene Trennung eines äusseren und eines inneren Abschnitts bewirkt hatten, und durch deutlicheres Hervortreten der Radialfaserzellen.

Bei der Larve von 75 Mm. hatte das Auge auf dem Horizontalschnitt 0,6 Länge bei 0,4 Dicke. Die im hinteren Abschnitt 0,026 dicke Kapsel liess eine oberflächliche dünne, aber straffe, von einer tiefen dickeren, aber mehr lockeren Schicht unterscheiden; letztere war reich an Gefässräumen, an ersterer inserirten sich die Muskeln, deren Fasern 0,0025 breit und deutlicher quergestreift waren als früher. Die Linsenkapsel verhielt sich wie früher; der Zusammenhang ihrer Peripherie mit der äusseren Hülle war mit Ausnahme der Mitte der ventralen Fläche gelöst. Die Kerbe der beiden Lamellen der Augenblase, welche den Stiel des Glaskörpers enthielt, war T-förmig gestaltet, und liess einen äusseren gerade von aussen nach innen und einen inneren sagittal verlaufenden Abschnitt unterscheiden, der erstere war 0,14, der letztere 0,16 lang bei 0,02 Breite. Der Glaskörper zeigte nur vereinzelte Zellenrudimente, während der Stiel noch deutliche Zellen enthielt.

Die Linse hatte neuerdings an Umfang und Dicke der hinteren Wand gewonnen.

Die Pigmentlamelle der Augenblase verhielt sich wie früher. Die Retina hatte an der Austrittsstelle des Sehnerven eine Dicke von 0,08; sie bildete nahe der Umschlagsstelle eine gegen den Glaskörper vorspringende Falte. Ihr vorderer Rand hatte sich zu einem keilförmigen, auf dem vorderen Blatt der Linsenkapsel in deren Peripherie ruhenden 0,03 langen Fortsatz verlängert, an dessen zugeschärftem Ende Retina und Pigmentlamelle in einander übergingen. Dem Vorsprung der Pigmentlamelle lag eine dünne pigmentfreie Schicht spindelförmiger Zellen auf, im Verlauf nach dem Rande sich zuschärfend: die erste Anlage des retinalen und chorioidalen Theils der Iris.

Die Sonderung der Retina in zwei Abschnitte, einen 0,036 dicken äusseren und einen 0,044 dicken inneren, war auch in deren seitlichen Bezirken nachweisbar. Der äussere Abschnitt zeigte wie früher in den seitlichen Partien den Bau geschichteten Cylinderepithels mit deutlicher Limitans externa, der Bezirk, in welchem die peripherischen Epithelien mit vorragenden Fortsätzen versehen waren, hatte sich auf 0,14 vergrössert. Die Fortsätze waren von fransenartigen Verlängerungen der anliegenden Zellen der Pigmentlamelle umscheidet, die im übrigen Verlauf eine völlig glatte Innenfläche zeigte, eines der schlagendsten Beispiele für die Anpassungsfähigkeit der Zelle an äussere Verhältnisse. Die untere Begrenzung des äusseren Abschnitts wurde gebildet von einer stellenweise doppelten Lage rundlicher und ellipsoidischer im letzteren Fall mit der grossen Axe tangential gestellter Zellen von 0,006—0,01 Länge und 0,0025—0,004 Dicke. Die an diese Lage flacher Zellen angrenzende Schicht zeichnete sich aus durch langgestreckte radial gestellte Zellen von 0,01 bis 0,013 Länge bei 0,003—0,005 Dicke des den Kern umgebenden Protoplasmaleibs. Vgl. Tafel XIII. Fig. 1 *c'*. Diese Zellen entsandten Fortsätze zur inneren und äusseren Oberfläche der Retina. Zwischen denselben, die zum Theil in regelmässigen Abständen von 0,008 lagen, waren runde Zellen von 0,004—0,005 mit zartem Protoplasma mässig dicht eingestreut. An sie schloss sich in einem Abstand von 0,28 von der Lage flacher Zellen eine dünne Lage sehr feiner blasser der Oberfläche parallel verlaufender Fasern von 0,006 Mächtigkeit. Vgl. Tafel XIII. Fig. 1 *f*, und daran reihte sich, die Retina nach innen abschliessend, eine stellenweise doppelte Lage rundlicher und birnförmiger Zellen von 0,004—0,005 dicht unter der Limitans interna an.

Der Sehnerv war an der Durchtrittsstelle durch die Retina 0,02 dick und zeigte eine Durchkreuzung seiner blassen aus der Faserschicht *f* stammenden Fasern. Der extraretinale Theil des Nerven hatte einen Durchmesser von 0,046, die längs seiner unteren Fläche verlaufende Arteria ophthalmica einen solchen von 0,026. Der Sehnerv bestand, wie früher, aus einer pigmentführenden Bindegewebshülle

und dem 0,036 mächtigen Axenstrang von Stützzellen; die Nervenfaserschicht hatte gegen das vorhergehende Stadium an Dicke etwas zugenommen.

Bei Larven von 95 Mm. hatte das Auge auf dem Horizontalschnitt eine Länge von 0,9 bei 0,7 Dicke. Von den Veränderungen, welche gegen das vorhergehende Stadium wahrnehmbar waren, verdient Erwähnung die Verlängerung der Irisanlage, die Verkürzung der den Glaskörperstiel beherbergenden Kerbe, und die grössere Complication des Retinabaues. Die Maximaldicke der Retina betrug 0,9. Die äussere Schicht verhielt sich im Wesentlichen wie früher. Die Schicht blasser, in tangentialer Richtung verlängerter Zellen (*d* in Fig. 2 auf Tafel XIII) war fast durchweg doppelt, sie bedingte das Auftreten einer blassen, sehr charakteristischen Zone zwischen dem äusseren und inneren Abschnitt. Der letztere hatte seine Beschaffenheit in höherem Grade verändert. Die Schicht *e* hatte sich in zwei Abtheilungen gesondert, eine äussere und eine innere. Die äussere enthielt die weitaus überwiegende Zahl von Radialfaserzellen und zwischen denselben in lockerer Anordnung rundliche Zellelemente von 0,004—0,005 Durchmesser. Die innere Abtheilung enthielt fast ausschliesslich rundliche und birnförmige Elemente von 0,004—0,005, welche in dichter Lagerung der Schicht der Opticusfasern sich anschmiegten und stellenweise zwischen deren Elemente sich eindrängten. Die sich anschliessende Faserlage *f* hing mit den Opticusfasern am Austritt der Nerven zusammen; sie verschmälerte sich von der Austrittsstelle gegen das vordere Retinalende zu von 0,008 auf 0,001. Der Durchmesser des Sehnerven am Austritt betrug 0,03. Nach innen von der Schicht der Opticusfasern lag eine doppelte Schicht von Zellen, die äusseren durchschnittlich etwas kleiner und von einer dünnen Schicht feingranulirter Substanz rings umgeben, von welcher ein Theil der Elemente durch einen schmalen Zwischenraum getrennt war, die inneren etwas grösser und in continuirlicher Schicht der Limitans interna angelagert. Vgl. Tafel XIII. Fig. 2 *g*.

Bei einer Larve von 105 Mm. hatte das Auge auf dem Querschnitt einen Durchmesser von 0,75, bei einer Larve von 120 Mm. einen solchen von 1 Mm. Das Auge lag bei dem ersteren Thier 0,3, bei dem letzteren 0,15 unter der Oberfläche der Haut. Die Epidermis hatte bei dem ersteren Thier eine Dicke von 0,1, bei letzterem von 0,08, die Cutis bei ersterem eine Dicke von 0,05, bei letzterem von 0,07, das lockere Unterhautbindegewebe bei ersterem eine Dicke von 0,15, bei letzterem war es bis auf unbedeutende Spuren geschwunden.

Die vordere Partie der Augenkapsel war bei beiden Thieren von einer homogenen elastischen Lamelle von 0,003 Dicke nach aussen begrenzt, an welche sich eine einfache Lage kubischer, 0,004 dicker mit blassem, feinkörnigem Protoplasma und rundem Kern versehener Zellen anschloss. Die hintere Partie der Augenkapsel hatte eine Dicke von 0,03, sie war auch jetzt im dorsalen und medialen Theil

stärker pigmentirt als in dem ventralen. (Vgl. Tafel XII. Fig. 6.) Die Augenmuskeln, welche sich an ihrer Peripherie ansetzten, zeigten die Querstreifung auf die Peripherie des Protoplasma beschränkt.

Die Linsenkapsel umgab die Linse als eine dünne, homogene Hülle; ihr Zusammenhang mit der Augenkapsel war nur noch an Querschnitten, welche genau durch den Glaskörperstiel geführt waren, dicht vor letzterem in der Mitte der ventralen Fläche wahrnehmbar. Vgl. Tafel XII. Fig. 6 bei *k*. In dem ganzen übrigen Umfang war die Verbindung durch den auf 0,05 vorgewachsenen Irisfortsatz der Chorioidea und Retina gelöst, die beiden Lamellen der Augenblase waren im Bereich des letzteren wie früher unverschmolzen.

Der Glaskörper war ohne Zellen, sein Stiel enthielt nur an der Uebergangsstelle in die Augenkapsel noch vereinzelte Zellelemente. (Vgl. Tafel XII. Fig. 6 *k*.) Die Kerbe der beiden Augenblasenlamellen, in welcher der Stiel lag, war bis auf 0,005 verschmälert, der ganze hintere Abschnitt bereits verwachsen.

Die Linse war 0,23 hoch, 0,2 dick. Ihre Kapsel stand in der Mitte des hinteren Umfanges in einem Umkreis von 0,1 Durchmesser bis auf 0,01 Entfernung vom Linsenkörper selbst ab, in dem Zwischenraum lag ein sehr feinkörniges Gerinnsel. Die vordere Wand der Linse bestand aus einschichtigem cylindrischen Epithel, die hintere Wand bildete einen mächtigen, abgerundeten Vorsprung gegen die Linsenhöhle, wodurch von letzterer nur ein schmaler medianer Spalt mit zwei seitlichen, etwas breiteren Ausläufern übrig blieb. Die Epithelien der hinteren Wand waren je mehr gegen die Mitte um so mehr in die Länge gezogen, ihre Kerne bildeten am Carminpräparat zwei convergirende Bogen; die Zellen der Mitte des Vorsprunges waren bereits mit metamorphosirtem Protoplasma versehen und färbten sich in Folge davon mit Carminpicrat intensiv orange; sie glichen sehr stark in die Länge gezogenen Pflasterepithelien. Vgl. Tafel XII. Fig. 6 *i*.

Die Retina hatte an dem Exemplar von 105 Mm. eine Maximaldicke von 0,1, bei jenem von 120 Mm. eine solche von 0,12. Die Pigmentlamelle verhielt sich wie in dem vorhergehenden Stadium. Die Retina hatte bei der kleineren Larve in einem Bezirk von 0,16, bei der grösseren in einem solchen von 0,18 Fortsätze an den Zellen ihrer Peripherie. Die ziemlich dicke Limitans externa vertiefte sich am Rande des Bezirkes rasch unter das Niveau der Umgebung, die Fortsätze der peripherischen Zellen ragten über dieselbe mit 0,026 Länge hervor, Sie glichen jetzt viel mehr ächten Sehzellen als früher, sprossten am Rande nur eben über die Limitans hervor, um alsbald in voller Höhe dieselbe zu überragen, und waren von Fortsätzen der Pigmentlamelle umscheidet. Vgl. Tafel XIII. Fig. 3 *c* und *c'*.

Die doppelte, schon früher sehr deutliche Lage abgeflachter Zellen bestand bei beiden Thieren aus zwei Reihen nahe aneinander liegender kubischer Zellen mit grossem runden Kern. Zwischen beiden Reihen fand sich eine mässige Zahl annähernd dreieckig gestalteter Zellen, welche Fortsätze sowohl in tangentialer als radialer Richtung entsandten. Vgl. Tafel XIII. Fig. 3 *d*.

Die daran stossende Schicht (innere Körnerschicht der Autoren) verhielt sich im Wesentlichen wie früher. Die Schicht der Opticusfasern (*f*) hatte gleich den nach innen folgenden Schichten an Dicke gewonnen.

Der Sehnerv hatte an der Austrittsstelle einen Durchmesser von 0,035; seine Fasern durchkreuzten sich wie früher; der Zusammenhang der Zellen im Axenstrang mit jenen der Pigmentlamelle war an der Austrittsstelle durch einen noch grösseren Zwischenraum als früher unterbrochen. Der extraretinale Abschnitt des Nerven war 0,08 dick; der Zellenstrang in seiner Axe hatte einen Durchmesser von 0,05 und bestand aus dicht gedrängten mit wenig Protoplasma, aber dicker Membran und ziemlich grossem Kern versehenen Zellen, welche durchweg abgeflacht und zur Längsaxe des Nerven quer gestellt waren. Von ihrer Peripherie gingen zahlreiche verästelte Fortsätze aus, welche, die einzelnen Nervenfaserbündel durchsetzend, der Mesodermhülle des Nerven zustrebten, um mit leichten Verbreiterungen an ihr sich zu inseriren. Die Schicht der Nervenfasern umgab den Axenstrang gleich einem Cylindermantel in einer Dicke von 0,016, sie hatte demnach gegen früher nicht unwesentlich gewonnen. Sie war umhüllt von der auch jetzt verästelte Pigmentzellen führenden Bindegewebsscheide. Vgl. Tafel XII. Fig. 2.

Die Arteria ophthalmica verlief längs der unteren Fläche des Nerven zum Auge, ohne irgend einen Zweig an denselben abzugeben. Nach dem Durchtritt durch den Schädel verlief der Sehnerv nach innen und etwas nach vorne, um dicht hinter dem Trigonum in die Vorderhirnbasis einzutreten; seine Bindegewebshülle ging an dieser Stelle in die Leptomeninx des Vorderhirnes, der Axenstrang in das Epithel der hinteren Wand des Trigonum über, während die Nervenfasern etwas nach rückwärts und nach innen sich wendend mit jenen der anderen Seite sich kreuzten, um den Tractus nervi optici herzustellen, welcher jederseits an der Aussenfläche der Vorderhirnbasis nach oben und rückwärts verlief, um schliesslich in der feingranulirten Substanz der hinteren seitlichen Abschnitte des Vorderhirnes zu endigen. Vgl. Tafel XI. Fig. 7.

Es würde um so weniger einen Zweck haben, die Veränderungen, welche bis zum Eintritt der Metamorphose an dem Sehorgan von Petromyzon sich einstellen, nach der Körperlänge der Individuen zu schildern, als von einer gewissen Grösse an letztere keinen proportionalen Maassstab für das Alter mehr abgibt, welches den

maassgebenden Einfluss auf den Entwicklungszustand ausübt. Ich fasse die Veränderungen daher übersichtlich zusammen.

Das ganze Auge kommt im Laufe seiner langsam vorschreitenden Vergrösserung der Oberfläche etwas näher zu liegen und namentlich schwindet das lockere subcutane Bindegewebspolster frühzeitig bis auf ganz unbedeutende Reste; die überziehende Cutis und Epidermis unterscheiden sich jedoch während des ganzen Larvenlebens in Nichts von der angrenzenden Haut.

Die endotheliale Matrix der Descemet'schen Haut flacht sich allmählich etwas ab, die nach aussen ihr anliegende elastische Lamelle ist von dem vorliegenden Cutisgewebe stets durch eine Anzahl schmaler Spalträume geschieden.

Der hintere Abschnitt der Kapsel ändert sich, abgesehen von einer geringen Zunahme der Dicke und des Umfanges, nicht wesentlich; er lässt stets einen inneren, zahlreiche Gefässräume und Pigmentzellen führenden, von einem äusseren dünnen, aber straffen Abschnitt unterscheiden, an welchem die Muskeln sich ansetzen. Diese behalten ihre ungestreifte Protoplasmaaxe, während sie sich der Umfangvergrösserung der Kapsel durch entsprechende Verlängerung anpassen.

Der Irisfortsatz der Chorioidea gewinnt nach und nach an Länge und Dicke; erst gegen das Ende des Larvenlebens werden glatte Muskeln in seinem pigmentreichen Gewebe erkennbar.

Die Linsenkapsel löst sich gänzlich von der Chorioidea, sie erfährt ausserdem nur eine geringe Zunahme ihres Umfanges.

Der Glaskörper wird frühzeitig durch Verwachsung der beiden die Kerbe begrenzenden Ränder der Augenblase von der Chorioidea abgeschnürt; er hat am Ende des Larvenlebens an der Oberfläche eine feine continuirliche Membran, im Innern enthält er weder Gefässe noch Zellen.

Die Linsenhöhle verschwindet durch successive Anbildung von Linsenfasern aus den sich verlängernden Epithelien der hinteren Wand; auch der Raum zwischen Linsenkapsel und hinterer Fläche der Linse füllt sich aus. Jede Linsenfaser entspricht einer Epithelzelle und ist dem entsprechend nur mit einem Kern versehen.

Die Pigmentlamelle der Augenblase verändert sich nicht wesentlich. Die Retina ist in der Nähe der Abgangsstelle des Irisfortsatzes sehr gewöhnlich in eine vorspringende Falte gelegt. Im Bereiche der Pars retinalis iridis beginnt gegen das Ende des Larvenlebens eine Verklebung der beiden Lamellen, welche von einer stetig zunehmenden Pigmentablagerung begleitet wird. Die Pigmentirung erstreckt sich über die ganze Fortsetzung der Pigmentlamelle, der Fortsatz der Retina selbst, dessen Umbiegung in die Pigmentlamelle am Irisrande lange Zeit deutlich wahrnehmbar ist, flacht in dem zunächst an den Irisrand grenzenden Abschnitt seine Zellen unter Pigmentirung ab, während in dem der Retina benach-

barten Abschnitt die Zellen mehr und mehr der Pigmentirung entbehren und unter allmählicher Zunahme ihrer Höhe die Gestalt aechter cylindrischer Epithelien annehmen. Der Uebergang des Irisfortsatzes in die Retina erfolgt stets ganz abrupt. Der Durchmesser des Bezirkes, in welchem Fortsätze der Sehzellenanlagen über die Limitans externa vorragen, ändert sich nur wenig während des Larvenzustandes.

Die Veränderungen, welche das Auge zur Zeit der Metamorphose erfährt, betreffen sowohl das Auge selbst als dessen Ueberzug. Die Metamorphose beginnt constant im dritten Lebensjahr und zwar für alle Individuen gleichzeitig in der zweiten Hälfte des Juli; sie wird dadurch eingeleitet, dass das Auge an einer kleinen zunächst nicht über stecknadelkopfgrossen Stelle von aussen sichtbar wird. In diesem Punkte stimmen meine an drei in der zweiten Hälfte des Juli dieses Jahres gefangenen Exemplaren gemachten Beobachtungen mit den Angaben Helfert's (Sitzungsberichte der Gesellschaft Isis in Dresden. 1869. S. 147) vollständig überein. Der Bezirk der Sichtbarkeit vergrössert sich ganz allmählich, so dass im Laufe des August, wie ich an acht im Laufe des August 1873 gefangenen in der Metamorphose begriffenen Exemplaren gesehen habe, bei sämmtlichen Exemplaren der volle Umfang erreicht wird, in welchem die Sichtbarkeit während des geschlechtsreifen Lebens vorhanden ist.

Das Sichtbarwerden wird bedingt durch eine Atrophie und gleichzeitige Anpassung, welche die dem Auge überliegende Haut erfährt. Die Cutis verdünnt sich im Laufe dieses Vorganges beträchtlich, so dass ihre Dicke nach vollendeter Metamorphose nur mehr 0,016 beträgt. Der Atrophie der unterliegenden Cutis geht eine solche des Epithels parallel, welches auf 0,014 Dicke reducirt wird und unter vollständigem Schwund der früher vorhandenen grossen Körnerzellen nur zwei Schichten von Zellen erkennen lässt, eine untere aus polygonalen Zellen mit klarem Inhalt und eine obere aus flachen Zellen mit schmalem Cuticularsaum bestehende. Die Verdünnung der überliegenden Haut ist aber nur eine Folge des Umstandes, dass der Bulbus zur Zeit der Metamorphose etwas rascher an Umfang zunimmt. Letzteres ist hauptsächlich eine Folge der mit der Ausbildung charakteristischer Sehzellen verbundenen Entfaltung der Retina. Die Sehzellenbildung geht von dem Bezirk aus, welcher schon frühzeitig im Larvenzustande durch Fortsatzbildung in Retina und Pigmentlamelle sich ausgezeichnet hatte, und verbreitet sich rasch vom Augenhintergrunde nach vorne, so dass bereits in der Mitte des August die ganze Peripherie der Retina von charakteristischen Sehzellen eingenommen wird, welche in doppelter Schicht zwischen einander geschoben über die Limitans externa vorragen. Die Pigmentlamelle folgt der Entwicklung der Sehzellen in der Retina sofort nach unter Entwicklung pigmentirter, die Vorragungen umscheidender Fortsätze von der inneren Fläche ihres, wie früher, einschichtigen Epithels. Die Verklebung der

beiden Augenblasenlamellen im Bereiche der Pars retinalis iridis wird während dessen immer inniger, so dass in der Nähe des Irisrandes beide sich nicht mehr sicher unterscheiden lassen; der chorioidale Theil der Iris gewinnt gegenüber dem retinalen an Mächtigkeit und erhält seine definitive Ausbildung. Die Augenkapsel vergrössert ihren Umfang entsprechend der Entfaltung der Retina, so dass mit der Entwicklung der Sehzellen am vorderen Retinalende der definitive, durchschnittlich 2 Mm. betragende Durchmesser des Bulbus erreicht wird. Die Veränderungen im Sehnerven beschränken sich darauf, dass die den Axenstrang bildenden Zellen ihre Membran und ihre Fortsätze auf Kosten des Protoplasmaleibes verdicken, wodurch die Sichtbarkeit der im Inneren befindlichen Kerne mehr und mehr beeinträchtigt wird. Der Zusammenhang der Zellen des Axenstranges mit dem Epithel der hinteren Wand des Trigonum lockert sich, bleibt aber während der ganzen Lebenszeit des Thieres nachweisbar.

Die im Vorstehenden über die Entwicklung des Sehorgans von Petromyzon mitgetheilten Thatsachen gestatten im Zusammenhalt mit den an Myxine gewonnenen Resultaten wichtige Schlüsse über die Herkunft der einzelnen Theile, aus welchen das Auge zunächst von Petromyzon, dann aber der höheren Wirbelthiere überhaupt sich zusammensetzt.

Zunächst wird das Vorhandensein einer Augenkapsel und einer Glaskörperanlage bei Myxine von Wichtigkeit. Beide Bestandtheile gehen bei diesem Thier bestimmt aus dem Adventitialgewebe der Arteria ophthalmica und ihrer Verästelung hervor und zwar unter Umständen, welche die Möglichkeit einer Betheiligung von Cutiselementen an ihrer Entstehung geradezu ausschliessen. Nach dem Vererbungsgesetz lässt sich eine übereinstimmende Entstehungsweise dieser fundamentalen Gebilde bei allen Vertebraten erwarten, welche solche besitzen. Dies ist es auch, was die Beobachtung thatsächlich ergibt. Die Augenkapsel aller Vertebraten entwickelt sich aus dem Abschnitt des dem Vorderende des Embryo zugewiesenen Mesoderm, welcher in dauernde Beziehung zu dem Centralnervensystem tritt und als cerebraler Mesodermtheil dem parietalen gegenüber gestellt werden kann. Die Beziehungen der Augenkapsel zum Gefässgebiet des Vorderhirnes, wie sie bei allen höheren Wirbelthieren durch die Arteria ophthalmica erhalten bleiben, sind nur die einfache Consequenz der ursprünglichen Entstehung. (Es ist ein Irrthum, wenn Lieberkühn [Ueber das Auge des Wirbelthierembryo in: Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Bd. 10. S. 313. Cassel 1872] angibt, dass zwischen Augenblase und Ektoderm vor der Linsenbildung bei dem Hühnchen kein Mesodermtheil nachweisbar sei. Derselbe ist in der That vorhanden, nur sehr dünn und besteht aus einer einfachen Lage spindelförmiger und netzförmiger stark abgeflachter Zellen.)

Daraus ergibt sich sofort die Unhaltbarkeit der einen Ansicht, nach welcher die Cutis einen Antheil an der Entstehung der Augenkapsel nimmt, und die Ungenauigkeit der anderen Ansicht, nach welcher dieselbe aus den Kopfplatten sich hervorbildet.

Die sämmtlichen inneren Gebilde des Auges, welche dem Mesoderm entstammen, entwickeln sich völlig unabhängig von der Cutis. Letztere überwächst aber nach erfolgter Abschnürung der Linse den vordersten Abschnitt der Augenkapsel und entwickelt sich zu dem vor der Descemet'schen Membran befindlichen Theil der Cornea. Dies ist der einzige Bestandtheil des Auges, der aus der Cutis stammt; er bleibt durch die ganze Wirbelthierreihe hindurch mittelst einer Cuticularbildung von dem vorderen Theile der ursprünglichen Augenkapsel geschieden. Die Scheidung ist bei Petromyzon so weitgehend, dass auch bei dem geschlechtsreifen Thier die beiden fundamentalen Bestandtheile leicht von einander sich trennen lassen. Wie aus den Angaben von W. Manz (mitgetheilt in Langerhans Petromyzon S. 62) und W. Waldeyer (Gräfe und Sämisch, Handbuch der gesammten Augenheilkunde. 1874. Bd. I. S. 170) sich ergibt, gilt das gleiche Gesetz der Bildung für die Cornea auch der höheren Vertebraten, genetisch müssen in ihr zwei Bestandtheile unterschieden werden, der eine ältere dem Ernährungsgebiet der inneren, der andere jüngere dem der äusseren Carotiden ursprünglich angehörend.

Der hintere Abschnitt der Augenkapsel stellt, wie Myxine zeigt, ursprünglich eine gefässhaltige Bindegewebshülle ohne weitere Complicationen im Bau dar, welche zu der Augenblase sich verhält wie die gefässführende Hülle einer Drüse zu deren Epithel. Die Sonderung dieser Kapsel in einen inneren, einen Gefässplexus entwickelnden, und in einen äusseren, gefässarmen Abschnitt tritt bei Petromyzon erst spät auf; sie ist eine Folge der Anpassung an die zum Auge in Beziehung tretenden Muskeln, welche erst geraume Zeit nach den anliegenden Körpermuskeln zur Wahrnehmung gelangen. Dieses späte Auftreten der Augenmuskeln ist ein weiterer Beweis für die Richtigkeit des Gesetzes der gleichzeitigen Vererbung: es gelangen zunächst die von den Vorfahren ererbten Bestandtheile zur Entwicklung, erst später kommt es zur Ausbildung neuer Hülfsapparate. In diesem phylogenetisch und ontogenetisch gleich späten Auftreten suche ich aber zugleich die Ursache für das Stehenbleiben auf einer früheren Entwicklungsstufe, welches die Augenmuskeln von Petromyzon gegenüber den Rumpfmuskeln auszeichnet, denn die corticale Querstreifung ist der ursprüngliche Befund der willkürlichen Muskeln.

Unter den Fortsätzen, welche die Mesodermhülle des Auges in das Innere des letzteren entsendet, ist der Glaskörper, wie der Befund von Myxine zeigt, der älteste. Aus der Entwicklungsgeschichte der höheren Vertebraten würde dies nicht

auf den ersten Blick hervorgehen. Der den Glaskörperfortsatz ursprünglich liefernde laterale Abschnitt der Mesodermhülle wird hier dadurch von dem nach dem Vererbungsgesetz zu erwartenden Entwicklungsvorgang abgelenkt, dass derselbe in Folge des energischeren Wachsthumes der Augenblasen, ehe noch die Glaskörperentwicklung begonnen hat, zwischen zwei epitheliale Strecken zu liegen kommt, deren eine dem Ektoderm, die andere dem Neuroderm angehört. Indem beide, soweit sie diesem Abschnitt anliegen, sich verdicken, wird eine beträchtlichere Entwicklung des zwischenliegenden Mesodermtheiles verhindert. Nur die seitlichen Partien gelangen zu stärkerer Entwicklung; sie vermitteln, indem sie die verdickte Partie des Ektoderm umwachsen und von dem übrigen Ektoderm abdrängen, die Abschnürung der Linse.

Sofort nach vollendeter Abschnürung der Linse, welche von vorneherein mit der Bildung einer vollständigen aus dem Mesoderm stammenden Kapsel verbunden ist, entwickelt sich der Glaskörperfortsatz. Seine Bildung erfolgt nach meinen Beobachtungen unabhängig von jener der Linsenkapsel und geht von der Mitte des ventralen Abschnittes der Augenkapsel aus. Es rückt demnach der Ausgangspunkt von der Mitte der lateralen Wand der Augenblase an deren ventrale Fläche, damit geht der ursprünglich dem Glaskörperfortsatz zukommende Charakter eines papillären Bindesubstanzstockes, dem die Retina als epithelialer Ueberzug aufsitzt, verloren. Das Herabrücken ist aber nur eine Folge der Anpassung an die neuen Verhältnisse, welche durch das Auftreten der Linse gegeben sind.

Die Glaskörperanlage führt bei Petromyzon bis zu einem gewissen Alter constant fixe Bindesubstanzzellen in lockeres Schleimgewebe eingebettet. Solche Zellen kommen dem Glaskörper aller höheren Vertebraten in seinen frühen Entwicklungsstadien zu, wie ich speciell für Trutta fario und Triton cristatus gegenüber K u p f f e r und S c h e n k behaupten muss.

Gefässe führt der Glaskörper von Petromyzon in keinem Entwicklungsstadium. Es sind demnach die bei Myxine noch nachweisbaren Beziehungen seiner Substanz zu einer besonderen Gefässschlinge zugleich mit dem ausgesprochenen Charakter eines papillären Bindesubstanzstockes verloren gegangen. Dieser Mangel an eigenen Gefässen hat auf alle höheren Wirbelthierklassen sich vererbt. Wo bei letzteren Gefässe im Umkreis oder im Inneren des Glaskörpers auftreten, da dient letzterer einfach als Leitorgan, ohne gesonderte Verästelungen zu erhalten.

Eine Folge der Glaskörperentwicklung ist die Einkerbung, welche beide Lamellen der Augenblase in der Mitte ihres ventralen Abschnittes erfahren. Diese Einkerbung ist, wie der Befund bei Petromyzon zeigt, ursprünglich auf einen verhältnissmässig kurzen Abschnitt der Augenblase beschränkt und von deren Stiel durch einen beträchtlichen Zwischenraum geschieden. Die Beziehungen, welche

dieselbe bei den höheren Vertebraten zu dem intraretinalen Verlauf des Nervus opticus gewinnt, und ihr Uebergreifen auf den Augenblasenstiel sind mithin spätere Complicationen, bedingt durch das Eindringen neuer von der Glaskörperanlage unabhängiger Elemente des Gefässblattes in die nach rückwärts sich verlängernde Kerbe.

Die Linsenkapsel von Petromyzon sellt gegenüber dem Befund von Myxine eine neue Complication dar. Sie stammt von dem Theil des Mesoderm ab, welcher die Augenblase ursprünglich umgibt und die Abschnürung der Linse besorgt. Ihre hintere Wand verändert sich nach erfolgter Abschnürung nur insofern, als sie ihre Zellen abflacht. Eine besondere Abspaltung derselben von der Anlage des Glaskörpers zu statuiren, wie Julius Arnold (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges. Heidelberg 1874) für die Säugethiere anzunehmen geneigt ist, scheint mir nicht erforderlich, da der Glaskörper eine ältere, von der Linsenabschnürung unabhängige Bildung darstellt. Der vor der Linse nach der Abschnürung liegende Theil der Augenkapsel erfährt, sobald die Cutis denselben zu überwachsen beginnt, eine Verdickung, der alsbald eine Spaltung in zwei Lamellen folgt: eine innere einfache Schicht von Zellen behält die ursprüngliche Beziehung zur Linse bei und flacht sich rasch ab, sie wird zum vorderen Blatt der Linsenkapsel; eine äussere einfache Schicht von Zellen verdickt sich und lagert sich der überwachsenden Cutis an, sie wird zur endothelialen Matrix der Descemet'schen Haut, welche alsbald durch eine Cuticularabscheidung von der Cutis sich sondert. Die Art der Entstehung der vorderen Kammer, wie sie bei Petromyzon sich verfolgen lässt, stimmt vollkommen überein mit der Art, wie dieselbe bei den Säugethieren nach den Beobachtungen von Julius Arnold zu Stande kommt. Amphibien, Vögel und Fische machen, wie meine eigenen Untersuchungen mich gelehrt haben, hiervon keine Ausnahme. Es lässt sich demnach die vordere Kammer mit den Gelenkbildungen in eine Reihe stellen; eines der maassgebenden Elemente für die Spaltung des vor der Linse sich vereinigenden Theiles der ursprünglichen Augenkapsel suche ich in dem Umstand, dass dessen Zellen zu verschiedenen Gefässgebieten in dauernde Beziehung treten.

Die Linsenkapsel hängt bei Petromyzon lange Zeit mit der Augenkapsel am Linsenrand zusammen; der Zusammenhang wird erst durch das Vorwachsen des Processus irideus retinae gelöst; dieser ursprüngliche Zusammenhang ist für die Wiederkäuer von Julius Arnold vollkommen richtig abgebildet, er existirt bei allen Vertebraten eine Zeit hindurch, um bei allen in Folge des gleichen Processes sich zurückzubilden.

Gefässe treten zu der Linsenkapsel von Petromyzon in keinem Entwicklungsstadium in Beziehung; diese Gefässlosigkeit hat sich auf die zunächst folgenden

Wirbelthierklassen vererbt; erst in der Klasse der Säugethiere macht dieselbe im Laufe der Entwicklung einer neuen Complication Platz, durch welche die Linsenkapsel zunächst von Aesten der Arteria hyaloidea, weiterhin von solchen des Circulus iridis minor mit ihren dünnen Adventitien umwachsen wird.

Der am spätesten nachweisbare Fortsatz, welchen die Augenkapsel bei Petromyzon in das Innere des Auges entsendet, ist der Processus iridens chorioideae (Pars chorioidea iridis). Dieser Fortsatz ist ursprünglich ein dünner aus spindelförmigen Zellen bestehender Ueberzug des relativ mächtigen Processus irideus retinae; im weiteren Verlauf der Entwicklung kehrt das Verhältniss sich um, der Processus irideus retinae bleibt stehen und verkleinert wenigstens in dem dem Irisrand zunächst liegenden Abschnitt seine Zellen, der Processus irideus chorioideae gewinnt an Mächtigkeit und bildet einen Theil seiner Elemente zu glatten Muskeln um. Diese Art der Bildung der Iris stimmt, wie Langerhans mit Recht bemerkt hat, überein mit der von Kessler (Untersuchungen über die Entwicklung des Auges. Inauguraldiss. Dorpat 1871) für Triton und das Hühnchen beschriebenen; diese Art ist aber, wie ich auf Grund der Untersuchung von Lachs und Forelle, Triton, dem Huhn und Kaninchen behaupten muss, die für alle höheren Vertebraten übereinstimmend gültige. Noch mehr, die Verklebung und Rückbildung, welche der innere Abschnitt des Processus irideus retinae erfährt, findet bei den mit rudimentären Augen versehenen Amphisbänoiden in viel geringerem Umfange statt, so dass es bei erwachsenen Exemplaren des Lepidosternon microcephalum, dessen Auge bei einer Körperlänge von 320 Mm. nur 0,73 Dicke bei 1,1 Höhe besitzt, nicht schwer ist, auf Durchschnitten den Uebergang der retinalen in die Pigmentlamelle am Irisrande zu constatiren. Es lässt sich auf Grund dieser Beobachtungen als allgemeines Gesetz aussprechen: Die Retina liefert die Grundlage für die zur Sehschärfe erforderliche Blendung, die Chorioidea die Hülfsmittel, durch welche diese Blendung der Intensität der einwirkenden Lichtwellen sich anzupassen vermag.

Die Entwicklung der Linse bei Petromyzon nach erfolgter Abschnürung stimmt mit jener der höheren Vertebraten überein. Der vordere Abschnitt der Anlagezellen behält epithelialen Charakter und wird zu dem einschichtigen Epithel der vorderen Kapselwand; der hintere Abschnitt der Anlagezellen wandelt sich zu Linsenfasern um mit der Maassgabe, dass aus je einer Anlagezelle eine Linsenfaser hervorgeht. Bemerkenswerth ist die Langsamkeit, mit welcher die Linsenhöhle zur Oblitoration gelangt.

Die Umwandlung der primitiven in die secundäre Augenblase erfolgt bei Petromyzon wie bei allen höheren Vertebraten nach dem von Kölliker nachgewiesenen Gesetz, nach welchem der mediale Abschnitt zur Pigmentlamelle, der

laterale zur Retina wird. Die Pigmentlamelle unterscheidet sich in ihrer weiteren Entwicklung in Nichts von jener der übrigen Vertebraten.

Die Entwicklungsgeschichte der Retina bietet dagegen ein besonderes Interesse. Zunächst wird die vollkommene Gefässlosigkeit im ganzen Verlauf des Bestehens von Wichtigkeit, weil aus diesem Umstand und aus der directen Verfolgbarkeit aller Umwandlungsstadien sofort sich ergibt, dass alle bleibenden Bestandtheile der Retina von Petromyzon aus derselben dem Neuroderm, d. h. in letzter Linie dem Ektoderm entstammenden Anlage hervorgehen. Das Vererbungsgesetz macht die gleiche Ableitung für alle diejenigen Elemente der Retina der höheren Vertebraten zur Nothwendigkeit, welche in jener von Petromyzon bereits zur Entwicklung gelangt sind. Damit wird aber die Zahl der bei den höheren Vertebraten aus dem Mesoderm ableitbaren Elemente auf ein sehr geringes Maass reducirt; in der That sind es lediglich die Gefässe mit ihren bindegewebigen Adventitien, welche die Retina der höheren Wirbelthiere aus dem Mesoderm zugewiesen erhält. Für die Annahme, dass diese Adventitien in der Retina sich wesentlich anders verhalten, als in anderen Organen, ist bis jetzt irgend ein Beweis nicht erbracht worden; damit fällt zunächst für die Retina die Nothwendigkeit fort, in ihr eine besondere Modification der Bindesubstanz unter der Bezeichnung Neuroglia zu statuiren.

Die Entwicklung der ursprünglich gleichförmig epithelialen Anlagezellen der Retina erfolgt bei allen Vertebraten nach zwei Hauptrichtungen: ein Theil derselben wird zu Sinnesepithelien und zu den specifischen Gebilden des centralen Nervensystems, ein anderer Theil wandelt sich um zu stützenden und isolirenden Elementen. Für diese aus dem Neuroderm stammenden aber nicht nervösen Elemente empfiehlt sich, wie schon früher hervorgehoben wurde, um dem vom Standpunkte des Embryologen ganz unzulässigen Gebrauch der Bezeichnung „Bindesubstanz" für Elemente, welche direct aus dem Neuroderm hervorgehen, ein Ende zu machen, die Bezeichnung als Stützgewebe, Fulcrum.

Die Scheidung beider Grundelemente beginnt bei Petromyzon mit dem gleichzeitigen Sichtbarwerden der Radialfaserzellen und der flachen, die Sehzellenschicht von der Unterlage sondernden Zellenlage. Dem Sichtbarwerden der Radialfaserzellen folgt das Auftreten der M. limitans interna und externa sofort nach. Erst etwas später wird durch das Auftreten der Opticusfaserschicht eine Scheidung der inneren Lagen bewirkt. Das Auftreten der Opticusfasern ist bei Petromyzon wie bei den höheren Vertebraten in der Nähe des Augenblasenstieles früher zu constatiren, als in der Peripherie der Retina; dies berechtigt nicht zu dem von Mihalkowics (Archiv für mikroskop. Anatomie. IX. S. 591) gezogenen Schluss, dass die Opticusfasern vom Gehirn nach der Retina zu sich entwickeln. Die frühere Nachweisbarkeit an dieser Stelle ist lediglich Folge des Umstandes, dass hier die Opticus-

fasern am frühesten eine für die Erkennbarkeit hinreichend mächtige Schicht bilden; dies muss aber in gleicher Weise erfolgen, mag der Opticus vom Gehirn nach der Retina oder von letzterer nach dem Gehirn sich zu entwickeln. Noch später wird die innere granulirte Schicht der Autoren deutlich, wobei jedoch bemerkt werden muss, dass das Urtheil über den eigentlichen Zeitpunkt des ersten Auftretens dieser Schicht dadurch unsicher wird, dass dieselbe bei Petromyzon stets einen Theil ihrer Anlagezellen und der unterliegenden Ganglienzellen umschliesst.

Besondere Erwähnung verdient das frühzeitige Auftreten von Fortsätzen an den peripherischen Anlagezellen in der Umgebung des Augenblasenstieles. Aus diesen Fortsätzen gehen später ganz sicher die Innen- und Aussenglieder charakteristischer Sehzellen hervor. Der Umstand aber, dass dieselben ungemein frühe auftreten, und dann lange Zeit auf einen ganz kleinen Umkreis beschränkt bleiben, lässt mich schliessen, dass andere Ursachen als die grössere Intensität der an diese Stelle gelangenden Lichtwellen bei dieser Fortsatzbildung zunächst wirksam sind. Ich suche die Hauptursache derselben in der Nothwendigkeit, die Verbindung zwischen Retina und Augenblasenstiel zu einer Zeit zu sichern, in welcher der Zusammenhang des letzteren mit der seine Fortsetzung bildenden Pigmentlamelle durch die hindurchwachsenden Opticusfasern unterbrochen wird. Die eigentliche Sehzellenbildung erfolgt erst zur Zeit der Metamorphose und schreitet dann rasch vom Augenhintergrund nach den vorderen Partien der Retina fort. Dies ist aber die Art, welche wieder für alle höhere Vertebraten Geltung hat: bei allen Vertebraten geht die Entwicklung charakteristischer Sehzellen von dem Augenhintergrund aus (bei Triton cristatus constant bei einer Länge von 8 Mm., bei der Forelle etwa in der vierten Woche) und verbreitet sich von da nach der Peripherie der Retina.

Die Entwicklung des Nervus opticus bietet bei Petromyzon Eigenthümlichkeiten, durch welche dieses Thier zu einem der werthvollsten Objecte für die Entscheidung der über die Genese seiner Elemente zur Zeit vorhandenen Streitfragen wird.

Schon frühzeitig wird das Lumen des früheren Augenblasenstieles in Folge einer Vermehrung der dasselbe auskleidenden Epithelien obliterirt; in früher Zeit wird ferner der ursprüngliche Zusammenhang dieser Epithelien mit jenen der Pigmentlamelle am Ansatz des Augenblasenstieles unterbrochen. Die Unterbrechung fällt zusammen mit dem Sichtbarwerden der Opticusfasern. Dieses Zusammentreffen führt zu dem Schlusse, dass die Opticusfasern es sind, durch welche die Unterbrechung der Continuität des Augenblasenstieles und der Pigmentlamelle herbeigeführt wird. Eine solche Unterbrechung muss zu irgend einer Zeit stattfinden, da der Zusammenhang der intraretinalen Opticusfasern mit den im Sehnerven verlaufenden bei Petromyzon völlig unabhängig von der Glaskörperspalte gerade an

der Ansatzstelle des ursprünglichen Augenblasenstieles stattfindet, die im Nerven enthaltenen Fasern aber nach aussen von den das Lumen erfüllenden Epithelien gelagert sind. Dadurch wird es zugleich bedingt, dass der Zwischenraum an der Unterbrechungsstelle mit zunehmender Zahl der Primitivfasern des Opticus ein grösserer wird.

Damit ist über die Frage eine Entscheidung noch nicht gewonnen, ob die Fasern des N. opticus in Folge einer Entwicklung vom Vorderhirn gegen die Retina oder in umgekehrter Richtung die Continuitätstrennung zwischen Pigmentlamelle und Augenblasenstiel herbeiführen. Für die Entscheidung dieser Frage bietet der Befund bei Petromyzon dadurch einen wichtigen Anhalt, dass frühzeitig eine Kreuzung der Opticusfasern an der Durchtrittsstelle durch die Retina zu constatiren ist. Diese Kreuzung bleibt absolut unverständlich bei der Annahme, dass die Fasern des Opticus vom Gehirn nach der Retina zu sich entwickeln, sie wird dagegen erklärlich durch die Annahme, dass die Fasern des Nervus opticus Fortsätze in der Retina gelegener Ganglienzellen sind, welche an der Durchtrittsstelle durch die Retina in der Richtung ihres bisherigen Verlaufes weiter streben, bis sie durch die den Augenblasenstiel umgebende Mesodermhülle von ihrer bisherigen Richtung abgelenkt werden. Damit steht im Einklang, dass mit der Zahl der unterhalb und innerhalb der sogen. granulirten Schicht liegenden Ganglienzellen die Zahl der Opticusfasern zunimmt, und dass es zweitens wohl möglich ist, die Fasern der Tractus nervorum opticorum zu der feinkörnigen Substanz in den hinteren Seitenpartien des Vorderhirnes, nicht aber sie zu den dort liegenden Ganglienzellen zu verfolgen.

Mit der Auffassung der Opticusfasern als Ausläufer in der Retina liegender Ganglienzellen steht aber ferner deren bei Petromyzon ohne Schwierigkeit zu constatirende Kernlosigkeit im ganzen Verlauf wohl im Einklang.

Das Epithel des Augenblasenstieles entwickelt sich durchweg zu Stützzellen, welche bei Petromyzon in Form eines Axenstranges das ursprüngliche Lumen ausfüllen, mit ihren nach der Peripherie gerichteten Fortsätzen die Faserbündel des Sehnerven umscheidend. Die Mesodermhülle des Augenblasenstieles betheiligt sich an dieser Umscheidung nicht, sie wird zur bindegewebigen Umhüllung des Nervus opticus. Das gleiche Gesetz beherrscht, wie ich aus meinen Beobachtungen schliessen muss, die Entwicklung des Nervus opticus auch der höheren Vertebraten. Auch bei ihnen müssen die Nervenfasern und die sie zunächst umhüllenden Scheiden, deren Verschiedenheit von der gewöhnlichen Bindesubstanz G. Schwalbe mit Recht betont hat, den Gebilden zugerechnet werden, welche aus Elementen des Neuroderm hervorgehen. Die Bildung wird hier nur dadurch complicirt und schwerer verständlich, dass frühzeitig gefässhaltige Fortsätze der Mesodermhülle in das Innere

treten oder die ganze Arteria ophthalmica von dem Augenblasenstiel umwachsen wird, wodurch die dem Fulcrum zugehörigen Scheiden einen weiteren dem Mesoderm entstammenden Ueberzug erhalten. Ich werde auf die Wichtigkeit dieser Unterscheidung für den pathologischen Anatomen bei einer anderen Gelegenheit ausführlich zu sprechen kommen.

Das Sehorgan des geschlechtsreifen Thieres, wie es zur Laichzeit im April und Mai sich darbietet, unterscheidet sich bei Petromyzon Planeri nicht wesentlich von jenem der Thiere aus dem Umwandlungsstadium. Bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra marina wird ein Unterschied in der Grösse der Theile dadurch bedingt, dass beide Thiere früher die Metamorphose erfahren als Petromyzon Planeri (Petromyzon fluviatilis bei einer mittleren Länge von 11 Centimetern, Lampetra bei noch geringerer Länge, wie ein völlig ausgebildetes nur 9 Centimeter langes Thier im Göteborger Museum anzunehmen nöthigt.

Der Durchmesser des Auges bei Petromyzon Planeri beträgt 2,05 in der Höhen- 1.95 in der Dickendimension bei 14 Cm. mittlerer Körperlänge; die Abflachung des Bulbus, welche bei den Fischen in noch höherem Grade sich findet, ist demnach bei den Petromyzonten bereits vorhanden, aber noch gering. Bei Petromyzon fluviatilis bestimmte ich bei einer Körperlänge von 300 Mm. die gleichen Maasse zu 5 resp. 4, bei Lampetra marina bei einer Körperlänge von 800 Mm. zu 8 resp. 6 Mm. Dabei muss bemerkt werden, dass diese Maasse bei Lampetra dadurch erheblich sich reduciren, dass bei diesem Thier das Auge von einem über 1 Mm. mächtigen subskleralen Fettpolster umgeben ist. Es hat demnach die nur ausnahmsweise in flacheres Wasser gelangende Lampetra relativ kleinere Augen als die ächten Petromyzonten.

Conjunctiva und Cornea haben ihre Beschreibung bereits bei der Schilderung der Metamorphose gefunden: für die Cornea ist noch hinzuzufügen, dass ihre fixen Zellen parallel der Oberfläche abgeplattet und in spärlicher Zahl zwischen den sehr entwickelten Faserbündeln der Grundsubstanz enthalten sind. Eine Verdichtung der an die Conjunctiva grenzenden Partien der Grundsubstanz existirt nicht. Die Cuticula der Descemet'schen Haut bestimmte ich zu 0,004 Dicke, die endotheliale Matrix besteht aus flachen Zellen mit rundem Kern. An der Stelle, wo die Chorioidea in die Descemet'sche Haut sich fortsetzt, liegt zwischen ihr und der sich überlagernden Cutis bei allen Petromyzonten ein Plexus sehr weiter sinusartiger Venenräume; er entspricht dem Circulus venosus der höheren Wirbelthiere (Plexus ciliaris venosus Leber), der demnach eine sehr alte Einrichtung darstellt.

Die Augenkapsel lässt einen inneren zahlreiche Gefässräume führenden und einen äusseren mehr straffen Abschnitt unterscheiden; beide sind nur unvollkommen gesondert und reich an Pigmentzellen. Die an der Kapsel sich ansetzenden Augen-

muskeln bestehen aus flachen an den Enden spindelförmig sich verschmälernden Bändern mit corticaler Querstreifung und ungestreifter Protoplasmaaxe.

Ciliarfortsätze fehlen. Der Ciliarmuskel ist wenigstens in einem Rudiment vorhanden und zwar in Form eines meridional verlaufenden, bei Petromyzon fluviatilis 0,16 dicken Bündels spindelförmiger, durch den Mangel an Pigment sofort auffallender Zellen, welche nach aussen von dem lockeren Balkengewebe des Fontana'schen Raumes gelagert sind. Nach rückwärts verlieren sich dieselben in dem pigmentreichen Gewebe der Chorioidea, vorne stossen sie an eine sehr charakteristische Lage von Zellen, welche gleichfalls an das lockere Balkengewebe des Fontana'schen Raumes unmittelbar angrenzen. Diese Zellen (Tafel XII. Fig. 7 *e*) sind keilförmig, zum Theil fast sichelförmig gebogen, 0,026 hoch, 0,016 im Mittel dick, nach vorne und rückwärts an Grösse etwas abnehmend; sie erstrecken sich nach vorne bis zur Matrix der Descemet'schen Haut.

Die Iris besitzt bei Petromyzon fluviatilis vom Ende der Retina an eine Länge von 0,85, eine Dicke von 0,2, die sich gegen den Rand hin auf 0,05 vermindert. Sie besteht aus den zwei Lamellen der Augenblase und dem Irisfortsatz der Chorioidea. Von ersteren bildet die Fortsetzung der Retina eine einfache Lage cylindrischer Epithelien von 0,013 Höhe bei 0,005 Dicke, deren innere Fläche uneben, wie ausgefranst ist; von der Mitte der Iris an flachen sie rasch sich ab und bilden zuletzt eine nur 0,004 dicke tief schwarz pigmentirte Lamelle, in welcher die einzelnen Zellgrenzen nicht mehr zu unterscheiden sind. Die Fortsetzung der Pigmentlamelle ist im ganzen Verlauf viel mächtiger, 0,02 bis 0,04 dick, aus intensiv pigmentirten, mit breiten kurzen Fortsätzen die Zellen des Retinalfortsatzes umscheidenden Zellen bestehend.

Die Pars chorioidea iridis lässt einen hinteren und einen vorderen Abschnitt unterscheiden. Der hintere Abschnitt erstreckt sich längs der Pigmentlamelle vom Ansatz bis an den Rand der Iris in ziemlich gleichbleibender Dicke von 0,04; er besteht aus dicht verfilzten Netzen ziemlich breiter, leicht pigmentirter, durch Glanz und steife Beschaffenheit an jene des Tapetum der Fische erinnernder Fasern. Muskelzellen habe ich in diesem Abschnitt nicht aufzufinden vermocht. Der vordere Abschnitt sondert sich wieder in eine tiefere und in eine oberflächlicher liegende Schicht. Die tiefere Schicht erstreckt sich nicht ganz bis an den Irisrand, sie wird gebildet von kreisförmig angeordneten pigmentfreien spindelförmigen Zellen, welche ich nur für Muskelzellen halten kann, deren Bündelchen durch ein aus starren glänzenden, feine Pigmentkörnchen führenden Fasern gebildetes Netzwerk von einander getrennt sind. Die oberflächliche Schicht besteht in der inneren Hälfte der Iris aus einer die Oberfläche deckenden Lage pigmentfreier spindelförmiger, radiär angeordneter Zellen, welche mit den circulär angeordneten der tieferen Schicht

vollkommen übereinstimmen; sie setzen sich im Verlauf der äusseren Hälfte der Iris an die Bälkchen des lockeren Maschennetzes an, von welchen der in sehr charakteristischer Form vorhandene Fontana'sche Raum erfüllt ist, und welche sich schliesslich sämmtlich an der Innenfläche der schon früher erwähnten Lage keilförmiger Zellen ansetzen. Vgl. Tafel XII. Fig. 7.

Die Linsenkapsel stellt eine homogene, ziemlich resistente Hülle dar ohne zellige Elemente. Der Glaskörper enthält sehr feine verästelte Fibrillen und ist an seiner Oberfläche von einer dünnen continuirlichen Membran überzogen, an welcher diese Fibrillen zum Theil sich ansetzen. Er hängt nirgends fester mit den anliegenden Organen zusammen, besondere Faserzonen habe ich in seiner vorderen Partie nicht zu unterscheiden vermocht.

Die Linse ist bei sämmtlichen Arten durchaus solid. Ihr vorderer Abschnitt besteht aus derselben einfachen Lage kurzer cylindrischer Epithelien, wie bei sämmtlichen höheren Vertebraten; der hintere enthält die Linsenfasern, deren Durchmesser bei Petromyzon Planeri im Mittel 0,0032, bei Petromyzon fluviatilis im Mittel 0,005 beträgt. An der Oberfläche zeigten die Linsenfasern beider Thiere eine feine Längsstreifung, welche bei starken Vergrösserungen durch die Anwesenheit reihenweise angeordneter kleiner Grübchen und zwischenliegender Vorragungen bedingt zu sein schien, ganz ähnlich der Riffelung der Epidermiszellen.

Die Pigmentlamelle der Augenblase bestand bei sämmtlichen Thieren aus einer einfachen Schicht polygonaler Zellen, die in ihrem pigmentfreien äusseren Theil je einen runden Kern enthielten, während der pigmentführende innere Theil konische, verästelte, mit fein gerippter Oberfläche versehene Fortsätze aussandte, welche bei Petromyzon fluviatilis in einer Länge bis zu 0,08 Mm. die vorspringenden Fortsätze der unterliegenden Sehzellen umscheideten.

Die Retina hatte in der Nähe des Sehnervenaustritts bei Petromyzon Planeri eine Dicke von 0,18, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra marina eine solche von 0,22. Am vorderen Ende betrug die Dicke 0,1, resp. 0,6; an dasselbe schloss der Irisfortsatz ganz abrupt sich an.

Die Peripherie wurde bei den drei Thieren eingenommen von zwei Reihen alternirend stehender Sehzellen, langer und kurzer. Die langen Sehzellen hatten bei Petromyzon Planeri 0,057, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra 0,096 in Länge, 0,0032, resp. 0,0064 bis 0,008 in Dicke. Sie liessen ein Aussenglied, Innenglied, einen kernhaltigen Abschnitt und einen Fuss unterscheiden. Das Aussenglied war bei allen konisch mit abgerundeter Spitze, bei Petromyzon Planeri 0,008, bei Petromyzon fluviatilis 0,04, bei Lampetra 0,013 lang bei einer Dicke der Basis von 0,0032, resp. 0,0048 bis 0,0056; mit Carminpicrat färbte es sich intensiv gelb, es zeigte an der Oberfläche eine sehr deutliche quere Runzelung und eine sehr

feine Längsstreifung, welche bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen durch reihenweise stehende Vertiefungen und Erhöhungen hervorgebracht zu sein schien. Das Aussenglied war von dem Innenglied stets ganz scharf durch einen schmalen hellen Raum abgesetzt. Das Innenglied enthielt dicht unterhalb des Ansatzes des Aussengliedes einen tonnenförmig gestalteten, mit Carminpicrat intensiv roth sich färbenden, übrigens homogenen Körper. Derselbe hatte bei Petromyzon Planeri eine Länge von 0,005, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra von 0,008 bis 0,0096 bei 0,0032 resp. 0,0064 Dicke. An diesen Theil des Innengliedes schloss der viel blasser gefärbte, sehr feinkörnige, übrigens durchaus gleichförmig beschaffene untere Abschnitt bis zur Limitans ext. unter Verschmälerung sich an. An der Durchtrittsstelle durch die Limitans zeigte sich eine unbedeutende Verdickung, welcher die Limitans mit leichter Verbreiterung rings sich anlagerte. Der unterhalb der Limitans liegende Abschnitt verdickte sich in seiner unteren Hälfte spindelförmig und enthielt nahe dem Fuss einen bei Petromyzon Planeri längeren, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra kürzeren ellipsoidischen Kern; unterhalb des Kernes verschmälerte sich die Zelle zu einem kurzen Fortsatz, welcher mit flachem, scharf contourirtem, etwas verbreitertem Fuss an der Granulosa externa ansass. Tafel XIII. Fig. 4 *c* und *d*.

Die kurzen Sehzellen maassen bei Petromyzon Planeri 0,043, bei Petromyzon fluviatilis 0,072, bei Lampetra 0,064 in Länge, 0,0032 resp. 0,0048 bis 0,0056 in Dicke. Auch sie liessen ein Aussenglied, Innenglied, einen kernhaltigen Abschnitt und einen Fuss unterscheiden. Das Aussenglied war bei allen Thieren konisch gestaltet mit abgerundeter Spitze, bei Petromyzon Planeri 0,096, bei Petromyzon fluviatilis 0,019, bei Lampetra 0,014 lang, mit Carminpicrat intensiv gelb sich färbend, quer gerunzelt und fein der Länge nach gestreift. Es setzte sich gegen das Innenglied ebenso scharf wie an den langen Sehzellen ab. Das Innenglied enthielt gleichfalls dicht unter dem Ansatz des Aussengliedes einen tonnenförmig gestalteten, mit Carminpicrat intensiv roth sich färbenden Körper von gleicher Beschaffenheit wie in den langen Sehzellen. Der unterhalb dieses Körpers folgende Abschnitt des Innengliedes war blass, sehr feinkörnig, ohne weitere Differenzirungen im Protoplasma; er verschmälerte sich im Verlauf gegen die Limitans viel weniger als der entsprechende Abschnitt der langen Sehzellen. Im Bereich der Limitans verdickten sich die kurzen Sehzellen, um in deren Niveau oder dicht unterhalb einen bei Petromyzon Planeri ellipsoidischen, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra runden, 0,006 im Durchmesser haltenden Kern zu zeigen. Der den Kern enthaltende Abschnitt verlängerte sich bei allen Arten zu einem kurzen zapfenförmigen Anhang, welcher in einen dünnen glänzenden Faden sich fortsetzte, um mit einem dreieckigen Fuss an die Granulosa externa sich anzusetzen. Tafel XIII. Fig. 4 *c* und *d*.

Bei der annähernden Gleichheit der Dimensionen sämmtlicher kurzer und langer Sehzellen wurden durch die dunkel sich färbenden Körper am Ende des Innengliedes bei allen Thieren zwei sehr charakteristische dunkelrothe Bänder auf Querschnitten der Retina hervorgebracht, welche bei Petromyzon Planeri 0,014 resp. 0,018, bei Petromyzon fluviatilis 0,024 resp. 0,048, bei Lampetra 0,017 resp. 0,048 von der Limitans externa entfernt waren.

Die M. limitans externa wurde gebildet von den mit leichten Verbreiterungen an die Sehzellen sich ansetzenden äusseren Enden der Radialfasern; sie wurde durch andere feinere Fasern verstärkt, welche, ohne mit Radialfasern in Zusammenhang zu stehen, von der Granulosa externa aus zwischen den kernhaltigen Abschnitten der Sehzellen zur Limitans sich erstreckten. Es ist mir nicht möglich gewesen, bei einem der untersuchten Thiere in den Verlauf dieser Fasern eingebettete Kerne zwischen den Sehzellen wahrzunehmen, wohl aber fanden sich membranartige Verbreiterungen derselben hie und da vor.

Die Granulosa externa der Autoren (ich folge in diesem beschreibenden Theil der hergebrachten Bezeichnung der Schichten, weil erst in dem folgenden vergleichenden Abschnitt die Gründe beigebracht werden können, aus welchen mir eine Aenderung der bestehenden Terminologie wünschenswerth erscheint) hatte bei Petromyzon Planeri eine mittlere Dicke von 0,003 und stellte sich als eine doppelte Lage feiner, netzförmig verzweigter Fasern dar, deren verbreiterte Knotenpunkte zum Theil flache linsenförmige Kerne eingelagert enthielten. Beide Lagen standen vielfach unter einander in Zusammenhang. Das Netzwerk umgab den Fuss der Sehzellen sehr enge, mit den durchtretenden Radialfasern hing dasselbe durch Ausläufer der letzteren zusammen. Dieser Zusammenhang war noch deutlicher bei Petromyzon fluviatilis und bei Lampetra marina; bei letzterem Thier verlief die Schicht an der äusseren Fläche einfach der Oberfläche der Retina parallel, an der inneren Fläche bildete sie in Folge des Zusammenhanges mit den durch die Lücken der unterliegenden Schichten hindurchtretenden Radialfasern eine Reihe flacher Bogen; ihre Dicke schwankte dem entsprechend zwischen 0,003 und 0,008. Von der Limitans externa war die Granulosa bei Petromyzon Planeri 0,024, bei Petromyzon fluviatilis 0,016, bei Lampetra 0,02 entfernt.

Auf die Granulosa externa folgte eine durch zwei sehr charakteristische Lagen grosser Zellen ausgezeichnete Schicht, welche auf Grund der vorwiegend in der Richtung der Tangentialebene erfolgenden Entwicklung zweckmässig als die Schicht der tangentialen Fulcrumzellen oder schlechtweg als Tangentialzellenschicht zu bezeichnen sein dürfte. Die Dicke dieser Schicht bestimmte ich bei Petromyzon Planeri auf 0,035, bei Petromyzon fluviatilis und bei Lampetra im Mittel auf 0,032.

Die der Schicht eigenthümlichen Elemente bildeten: 1) eine äussere und eine innere Lage grosser Zellen, 2) eine zwischenliegende Schicht flacher netzförmig verzweigter Zellen, 3) radial gestellte, kleinere, vorwiegend an der Grenze gegen die Granulosa externa liegende Zellen.

Die äussere Lage grosser Zellen hatte bei Petromyzon Planeri eine Dicke von 0,018. Die Zellen hatten annähernd kubische Form, 0,009—0,011, mit der nach aussen gerichteten Verlängerung 0,018 Höhe und einen grossen runden Kern von 0,005 – 0,0064. Ihr Körper war von der überliegenden Granulosa durch einen Zwischenraum getrennt, stand aber mit deren Fasernetz durch einen sich zuspitzenden Fortsatz in Verbindung, ebenso standen einzelne Zellen durch ein bis zwei schmale Fortsätze mit dem unterliegenden Fasernetz in Zusammenhang; das Protoplasma war blass, fast homogen, mit Carminpicrat sehr wenig sich färbend. Zwischen den einzelnen Zellen waren bei Betrachtung von der Fläche kleine runde Lücken wahrnehmbar; sie waren theils durch Gewebselemente, die aus den inneren Retinaschichten stammten, theils durch kleinere, vorwiegend in radialer Richtung verlängerte Zellen ausgefüllt, welche namentlich längs der Grenze gegen die Granulosa zwischen den Tangentialzellen sich einschoben, mit elliptischem Kern von 0,003 Dicke bei 0,006 Länge und dünnem, in radialer und tangentialer Richtung faserartige Ausläufer aussendendem Protoplasma. Vgl. Tafel XIII. Fig. 4 *d'*. Zwischen der äusseren und der inneren Tangentialzellenschicht fand sich eine Schicht zerstreut stehender, flacher Zellen, deren netzförmig verzweigte Ausläufer ein dünnes Geflecht in dem zwischen beiden befindlichen Raum bildeten. Die innere Lage grosser Zellen bestand bei Petromyzon Planeri aus quadratischen Zellen von 0,01 bis 0,012 Höhe bei 0,012 bis 0,014 Länge mit rundem oder mehr ellipsoidischem Kern von 0,005 Durchmesser. Sie entbehrten der an der äusseren Lage nachweisbaren Fortsatzbildung, im Uebrigen glichen sie der letzteren vollständig; auch ihr Protoplasma war blass, fast homogen, mit Carminpicrat sehr wenig sich färbend, auch zwischen ihnen befanden sich bei der Flächenansicht scharf umschriebene rundliche Lücken zum Durchtritt von Elementen der inneren Retinaschichten.

Bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra hatten die Elemente der Tangentialzellenschicht in beiden Lagen übereinstimmende Beschaffenheit. Bei Lampetra bestanden sie aus quadratischen Zellen von 0,012 Höhe bei 0,016 bis 0,02 Länge mit vorwiegend ellipsoidischem Kern von 0,0048 bis 0,008 Dicke bei 0,01 Länge, das Protoplasma verhielt sich wie bei den entsprechenden Zellen von Petromyzon Planeri, war aber am Seitenrand mehrfach in kurze Fortsätze ausgezogen, wie ausgezackt. Zwischen den Tangentialzellen fanden sich auch hier an der Grenze gegen die Granulosa radial gestellte kleinere Zellen (vergl. Tafel XIV. Fig. 5), sowie in dem Raum zwischen beiden Lagen ein Netzwerk von dünnen Fasern,

herrührend von den Ausläufern abgeflachter Zellen. Die Lücken zwischen den Zellen waren aber hier viel grösser als bei Petromyzon Planeri, bis zu 0,012 im Durchmesser betragend und auf Flächenschnitten der Retina auf den ersten Blick wahrnehmbar; sie wurden auch hier von Fortsätzen der Elemente der inneren Retinaschichten durchsetzt. Vgl. Tafel XIV. Fig. 5.

Die darauf folgende Retinaschicht entspricht der inneren Körnerschicht der Autoren. Ihre Mächtigkeit betrug bei Petromyzon Planeri 0,032, bei Petromyzon fluviatilis 0,04, bei Lampetra 0,032. Sie liess bei allen zwei Abtheilungen erkennen, eine äussere und eine innere. Die bei weitem mächtigere äussere enthielt in sehr lockerer Fügung dreierlei Zellen: 1) die Zellkörper der Radialfasern mit meist excentrisch liegendem ellipsoidischen Kern, dessen Dimensionen bei Petromyzon Planeri 0,003 : 0,008, bei Lampetra 0,003 bis 0,005 : 0,008 bis 0,012 betrugen. Die Fortsätze erstreckten sich nach innen durch die ganze Dicke der Retina bis zur M. limitans interna, nach aussen bis zur Limitans externa. Bei Lampetra waren die nach aussen gerichteten Fortsätze zum Theil verästelt; sie erstreckten sich hier durch die Lücken der Tangentialzellenschicht bogenförmig zur M. granulosa externa, um sich theilweise in deren Netzwerk zu verlieren. In den Interstitien der Radialzellen fanden sich 2) blasse Zellen, meist birnförmig oder ellipsoidisch gestaltet, mit deutlichem Protoplasmaleib, bei Petromyzon Planeri 0,004 : 0,006 bis 0,008, bei Lampetra 0,006 : 0,01 bis 0,012 messend, mit grossem Kern von 0,0048 : 0,0064. Sie gaben constant einen blassen Fortsatz nach aussen ab, welcher mit den Ausläufern der Radialzellen die Lücken der Tangentialzellenschicht durchsetzte unter gabeliger Verzweigung; die sehr feinen blassen Endzweige waren in einzelnen Fällen bis in die Nähe der Sehzellenfüsse zu verfolgen. Ein zweiter Fortsatz dieser Zellen, gleichfalls blass und noch feiner als der nach aussen gerichtete, erstreckte sich unverzweigt nach innen und verlor sich zwischen den dichter gestellten Zellen der inneren Abtheilung. Ausser diesen beiden sehr charakteristischen Zellenformen fanden sich 3) Zellen mit rundlichem Kern und dünner, dem Kern eng anliegender Protoplasmahülle; sie hatten bei Petromyzon Planeri im Mittel 0,0045 Durchmesser; auch sie gaben blasse Fortsätze ab, ich war jedoch nicht im Stande, dieselben auf grössere Strecken zu verfolgen.

Die innere Abtheilung dieser Schicht bestand aus 1 bis 2 Lagen rundlicher oder birnförmiger, ziemlich dicht gehäufter Zellen mit rundem, das Protoplasma zum grössten Theil erfüllendem Kern und einem deutlicheren, zur unterliegenden Granulosa interna, bisweilen auch einem weniger deutlichen, nach aussen gerichteten Fortsatz. Ihr Durchmesser betrug bei Petromyzon Planeri 0,0048 bis 0,0064, bei Lampetra 0,0064 bis 0,018. In der Nähe des Sehnervenaustrittes waren diese Zellen durch die Opticusfaserlage von der unterliegenden Granulosa interna geschieden; gegen die Peripherie der Retina hin schoben sie sich mehr und mehr in die Inter-

stitien zwischen den einzelnen Opticusbündeln ein und gelangten dadurch mit der Granulosa interna in unmittelbaren Contact.

Die darauf folgende Schicht enthielt die intraretinale Ausbreitung des Sehnerven. Ihre Mächtigkeit betrug nahe der Austrittsstelle bei Petromyzon Planeri 0,03, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra 0,04, um im Verlauf gegen das vordere Ende der Retina sich auszukeilen. Der Verlauf der Sehnervenfasern war radienförmig von der Peripherie gegen die Austrittsstelle gerichtet; in der Peripherie waren die Fasern zu kleinen, durch Zwischenräume getrennten Bündelchen vereinigt, welche im Verlauf gegen die Austrittsstelle an Ausdehnung gewannen. Von den Bündeln gingen Fasern zur unterliegenden Granulosa interna ab, um als Axencylinderfortsätze theils in die innerhalb, theils in die unterhalb derselben liegenden Ganglienzellen überzugehen, wie dies auf Tafel XIII. Fig. 6 nach einem Präparat von Petromyzon fluviatilis abgebildet ist. An die äusseren Retinaschichten gab die Faserlage des N. opticus keinerlei Elemente ab. Der ganze intraretinale Verlauf des Sehnerven war durchsetzt von den nach innen gerichteten Fortsätzen der Radialfasern, eigene zellige Elemente waren zwischen den Nervenfaserbündeln nicht wahrnehmbar. Nur an der Uebergangsstelle des intraretinalen Theils der Opticusfasern in das retinale Chiasma waren die Nervenfasern von schief und quer verlaufenden, langgestreckten, verästelten Zellen in spärlicher Zahl durchsetzt; ich kann in diesen Zellen nur modificirte Radialfaserzellen sehen, denn ihre Richtung ging von der queren durch Zwischenstufen in die senkrechte der retinalen Radialzellen über und letztere waren in der Nähe des Chiasma retinale verlängert und mit ihrem Zellleib in die Schicht der Sehnervenausbreitung herabgerückt. Die Sehnervenfasern durchkreuzten sich bei dem Durchtritt durch die Retina vollständig; bei dem Eintritt in das Niveau der Chorioidea und Sklera zeigte der Nerv eine kleine Einschnürung und eine dünne, von spindelförmigen, quer verlaufenden Pigmentzellen gebildete Hülle. An der Stelle der Einschnürung trat in der Axe des Nerven ganz abrupt, ohne mit den interstitiellen Zellen des Chiasma retinale in Zusammenhang zu stehen, der Strang der Fulcrumzellen auf, von hier durch den ganzen Verlauf des N. opticus bis zu dessen Eintritt in das Vorderhirn sich erstreckend, wo derselbe auch bei dem erwachsenen Thier mit dem Epithel der hinteren Wand des Trigonum zusammenhing.

Unterhalb der Ausbreitung des Sehnerven folgten bei sämmtlichen Petromyzonten noch die drei Schichten der Granulosa interna, der Ganglienzellen und der M. limitans interna. Alle drei erstreckten sich über die Austrittsstelle des Sehnerven continuirlich hinweg, bei sämmtlichen Thieren in einer Dicke von 0,06. Die mächtigste von diesen Schichten bildete mit 0,048 Dicke die Granulosa interna der Autoren. Sie bestand aus einer im frischen Zustand sehr blassen, homogenen,

feine, mattglänzende Körnchen einschliessenden Substanz, im gehärteten Präparat aus einem sehr dicht verfilzten Netz sehr feiner dünner Fasern mit zwischenliegenden Körnchen. Die Grundsubstanz war von den inneren Fortsätzen der Radialzellen zum Theil in fast regelmässigen Abständen durchsetzt; an den mehr peripherisch liegenden Abschnitten der Retina zeigte sie ausserdem eine viel blassere und dichtere radiale Streifung, sowie eine der Oberfläche parallel verlaufende Bänderung. Die granulirte Schicht enthielt Zellen von zweierlei Art: 1) kleinere, meist in radialer Richtung etwas abgeflachte Zellen, bei Petromyzon Planeri im Mittel 0,0048 hoch bei 0,0056 Länge, der Kern gross, das Protoplasma dünn, Fortsätze an die umliegende Granulosa abgebend und mit einem Theil des Protoplasmaleibes dicht an letztere anstossend; 2) grössere Zellen von 0,0048 bis 0,0064 Dicke bei 0,008 bis 0,0096 Länge mit grossem Kern, mächtigerem Protoplasmaleib und gewöhnlich drei Fortsätzen, der eine dunkler contourirt, gleich der Zelle selbst durch einen schmalen Raum von der anliegenden Granulosa geschieden, die beiden anderen blasser contourirt, feingranulirt und nach kurzem Verlauf dichotomisch sich verzweigend; sie wurden von der anliegenden Granulosa enge umfasst.

Der inneren Fläche der Granulosa interna lag eine einfache, nur hier und da doppelte Schicht von Ganglienzellen an; sie unterschieden sich in Nichts von der zuletzt beschriebenen Form der in der Granulosa selbst liegenden Zellen. Ihre Gestalt war ellipsoidisch, spindelförmig oder birnförmig, ihre Grösse sehr ungleich, bei Petromyzon Planeri zwischen 0,0048 und 0,0064 in der Dicke, 0,0064 und 0,008 in der Länge messend, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra zwischen 0,0064 und 0,011 in der Dicke, 0,011 und 0,02 in der Länge schwankend, mit ellipsoidischem Kern von 0,008 : 0,01. Sie gaben stets einen unverzweigten, 0,001 bis 0,0012 dicken, die Granulosa in einer schmalen Rinne in der Richtung zur Sehnervenausbreitung durchsetzenden Fortsatz an dem einen Ende ab, das andere Ende entsandte 1 oder 2 blassere, nach kurzem Verlauf dichotomisch sich theilende Fortsätze, welche von dem Netz der Granulosa enge umschlossen wurden. Vergl. Tafel XIII. Fig. 5.

Zwischen den Ganglienzellen erstreckten sich die inneren Fortsätze der Radialzellen hindurch, um unmittelbar nach innen von denselben mit leichten, geschweiften Verbreiterungen in der M. limitans interna zu endigen.

—

Vergleichung der Retina der Cyklostomen mit der Retina der höheren Vertebraten.

Der nachstehende Abschnitt soll nicht eine Aufzählung aller Modificationen enthalten, welche die Retina bei den einzelnen untersuchten Thieren darbietet, die Aufgabe desselben wird vielmehr sein, auf Grund einer Vergleichung des Baues einen Ueberblick über die Anpassungen zu erhalten, welche die einzelnen Bestandtheile in Folge der Klassen- oder Familieneigenthümlichkeiten erfahren haben, und einen Einblick in die Bedeutung zu gewinnen, welche denselben für das Zustandekommen des Sehactes zukommt.

Die Vergleichung gründet sich durchaus auf eigene Untersuchungen. Die zu letzteren verwendeten Augen wurden theils frisch, theils im gehärteten Zustande benützt. Als Härtungsmittel diente in der Regel Alkohol, wo möglich unter gleichzeitiger Abkühlung auf 0°. Ich schreibe es der grossen Diffusionsgeschwindigkeit des Alkohols und dem Wegfall der Quellung zu, dass Varicositäten an den Nervenfasern nur in seltenen Ausnahmsfällen in den so gehärteten Netzhäuten zur Beobachtung kamen und der Verlauf bisweilen vom Ursprung bis zum Ende im Zusammenhang sich übersehen liess. Zur Unterscheidung der nervösen und der stützenden Elemente leistete mir die Härtung in einer 1 % Lösung von doppelt chromsaurem Kali und nachfolgendem Weingeist wichtige Dienste, namentlich bei Benützung der Färbung mit Carminpicrat. Für die Untersuchung des Nervenverlaufs innerhalb des Neurospongium bediente ich mich theils der Carminfärbung, theils der Goldimprägnation. Da vergleichende Versuche mich belehrten, dass auch der dünnwandige Bulbus der Amphibien die Goldlösung bei einfacher Einlegung zu langsam zu den inneren Lagen der Retina gelangen lässt, dass andererseits die Einwirkung einer dünnen Chlorgoldlösung auf die Retina nach vorheriger Entfernung von Cornea und Linse stets unter Faltenbildung erfolgt, benützte ich eine Methode, welche beide Uebelstände beseitigt. Ich wählte zu der Untersuchung Thiere, welche an der Peripherie des Glaskörpers Gefässe besitzen und liess dieselben nach vorheriger Curarisirung verbluten, den in den Gefässen restirenden Theil der Blutflüssigkeit entfernte ich durch Einspritzung einer fünfprocentigen Chlornatrium- oder Chlorkaliumlösung vom Herzen aus, und liess der letzteren eine 0,5 procentige Lösung von Chlorgold folgen. Man erhält durch diese Methode eine Imprägnation der ganzen Retina ohne Faltenbildung, die Präparate stehen aber an Deutlichkeit hinter den durch Einwirkung saurer Carminlösung gewonnenen weit zurück.

Den grösseren Theil des Untersuchungsmaterials habe ich im Laufe der letzten Jahre selbst gesammelt, einen Theil der untersuchten Fische (Maena vulgaris und

Serranus cabrilla) erhielt ich von meinem Collegen C. Gegenbaur, Protopterus annectens von meinem Collegen Ernst Häckel, die brasilianischen Thiere von Herrn Dr. Teuscher in Jena, welcher dieselben während seines Aufenthaltes in Brasilien auf meine Bitte mit einer Sorgfalt für den Zweck der Untersuchung härtete, für welche ich ihm öffentlich danken muss.

Die Thiere, deren Retina untersucht wurde, sind folgende:

Cyklostomen: Myxine glutinosa,
Petromyzon fluviatilis,
— Planeri,
Lampetra marina.

Fische: Mustelus vulgaris,
Acanthias vulgaris,
Perca fluviatilis,
Serranus cabrilla,
Acerina vulgaris,
Cottus gobio,
Trigla cataphracta,
Maena vulgaris,
Cyprinus carpio,
Trutta fario,
Syngnathus acus.

Dipnoi: Protopterus annectens.

Amphibien: Triton taeniatus,
— cristatus,
Salamandra maculata,
Bufo calamita,
Rana esculenta.

Reptilien: Bothrops Jararaca,
Tropidonotus natrix,
Lepidosternon microcephalum,
Lacerta ocellata,
— agilis,
Polychrus marmoratus,
Platydactylus Theconyx,
Testudo geometrica,
— pardalis,
Emys picta,
Cistudo americana.

Vögel: Columba livia.
Gallus domesticus.
Säugethiere: Mus musculus.
Canis familiaris.
Homo caucasicus.

Die Literatur ist in dem folgenden Abschnitt um so mehr als bekannt vorausgesetzt, als die eingehenden Darstellungen unserer gegenwärtigen Kenntnisse von dem Bau der Retina, welche Max Schultze und G. Schwalbe geliefert haben, ausserdem die Jahresberichte von G. Schwalbe und W. Waldeyer eine vollständige Uebersicht derselben gewähren.

Ich schicke der Vergleichung folgende Bemerkungen voraus. Ich sehe in dem Hauptbestandtheil des Auges, der Retina, einen in Folge der Anpassung an die äusseren Verhältnisse allmählich an die Peripherie des Körpers vorgeschobenen Abschnitt des Vorderhirnes, dessen Entwicklung von denselben Gesetzen beherrscht wird, welche für die Gestaltung des intracephal bleibenden Theiles maassgebend sind. Die Vergleichung der Ontogenese des Nervensystems mit dessen Stammesentwicklung, welche mich in den letzten Jahren beschäftigt hat, hat mich aber zu Anschauungen geführt, welche ich mit den zur Zeit geläufigen Vorstellungen nicht durchweg zu vereinbaren vermag. Die eingehende Begründung dieser Anschauungen muss ich einer umfassenderen Arbeit vorbehalten; für den vorliegenden Zweck genügt es, hervorzuheben, dass der Abschnitt des Ektoderm, welcher das Neuroderm liefert und bei den Wirbelthieren im Verlauf der Entwicklung des letzteren von dem übrigen Ektoderm abgeschnürt wird, epithelial bleibt und im Gehirn die Grundlage für die Entwicklung der Epithelauskleidung der Ventrikel liefert. Dieser epitheliale Theil fehlt auch der Retina nicht, er wird durch die Schicht der Sehzellen repräsentirt in dem Sinne, wie er in dieser Abhandlung später begründet werden wird. Der epitheliale Charakter dieser Schicht bringt es mit sich, dass dieselbe von gefässhaltigen Sprossen des Mesoderm niemals erreicht wird.

Dem epithelialen Theil der Retina lässt sich der aus dem eigentlichen Neuroderm hervorgehende cerebrale gegenüberstellen. Das Neuroderm entwickelt nun im ganzen Bereich des Nervensystems seine ursprünglich gleichförmigen Bestandtheile nach zwei Hauptrichtungen: ein Theil wird zu indifferenten Gebilden, den Elementen des Fulcrum, ein anderer Theil wird zu den eigentlichen nervösen Gebilden, den Elementen der Nervensubstanz.

Die dem Fulcrum zugehörenden Gebilde erfahren sehr verschiedenartige Anpassungen; unter ihnen muss eine besonders hervorgehoben werden wegen der Beziehungen, welche sie zu den intracerebralen Endigungen der Ganglienzellen-

fortsätze besitzt. Die Zellen dieses Fulcrumabschnittes bleiben in der Regel klein, ihr dünner, den Kern enge umschliessender Protoplasmaleib verlängert sich frühzeitig in einen oder mehrere Fortsätze, welche gewöhnlich in bestimmter Richtung verlaufen und eine Zeit lang ohne Schwierigkeit neben einander erkennbar sind. Im weiteren Verlauf der Entwicklung werden diese Fortsätze allmählich schwer erkennbar, während gleichzeitig das ganze Aussehen des Gewebes den bekannten Charakter der „granulirten Substanz" oder des „feinen Netzwerks" der grauen Rinde des Centralnervensystems annimmt. Ich kann dies nur dem Auftreten einer Intercellularsubstanz zuschreiben, welche von den Fortsätzen der Zellen abgeschieden wird. Diese Intercellularsubstanz ist blass, wie gequollen und von kleinen Hohlräumen durchsetzt, welche Flüssigkeit enthalten, denn nur unter dieser Voraussetzung vermag ich mir die netzförmige Beschaffenheit zu erklären, welche das Gewebe in Folge der Anwendung von Härtungsmitteln zeigt. Ich werde wegen der letzteren Eigenschaft das Gewebe im Folgenden als Neurospongium, die die Abscheidung liefernden Zellen als Spongioblasten bezeichnen.

Die eigentlich nervösen Bestandtheile des Neuroderm wandeln sich in Ganglienzellen um. Letztere verbreiten ihre Protoplasmafortsätze constant in dem Neurospongium des Bezirks, in welchem sie aus den Anlagezellen sich hervorgebildet haben, mit ihren Axencylinderfortsätzen greifen sie über diesen Bezirk hinaus, entweder in entferntere Bezirke des Centralnervensystems oder in bestimmte ausserhalb des letzteren liegende Körpergegenden. Umgekehrt treten die Ausläufer von Ganglienzellen entfernter Bezirke des Centralnervensystems oder des Körpers überhaupt in das Neurospongium bestimmter Bezirke ein, um mit den Protoplasmafortsätzen der dem Bezirk angehörenden Ganglienzellen sich zu verbinden. Durch die Art dieser Verbindung wird im Wesentlichen der functionelle Charakter jedes einzelnen Bezirks des Centralnervensystems bestimmt. Die Bedeutung des Neurospongium suche ich hauptsächlich darin, dass, wo dasselbe zur Entwicklung kommt, eine Uebertragung der Erregung zwischen verschiedenen Ganglienzellengruppen stattfindet oder mit anderen Worten verschiedene Leitungsstationen ihr Ende erreichen. Das Neurospongium spielt dabei meiner Ansicht nach lediglich die Rolle einer Stütze oder eines Isolators, die Uebertragung selbst findet direct zwischen dem Protoplasma der Ganglienzellenfortsätze statt. In diesem letzteren Punkt stimme ich mit Gerlach und Franz Boll überein.

Die Retina macht von diesem fundamentalen Entwicklungsgesetz keine Ausnahme. Ihr cerebraler Theil sondert seine gleichförmigen Anlagezellen frühzeitig in Gebilde des Fulcrum und in Gebilde der eigentlichen Nervensubstanz. Die ersteren entwickeln sich wieder in verschiedener Weise: ein Theil erhält Beziehungen zur gesammten Retina, er entwickelt sich zum Fulcrum generale und wird dargestellt

von den Radialfaserzellen mit ihren Fortsätzen, welche schliesslich in die Membrana limitans externa und interna übergehen.

Ein anderer Theil erhält Beziehungen zu bestimmten Abschnitten der Retina, deren Fulcrum speciale bildend, und erfährt dabei besondere Anpassungen. Diesem Theil verdankt das Zellennetz in der Schicht der Nervenansätze, die Schicht der tangentialen Fulcrumzellen, sowie der bei den höheren Wirbelthieren sehr entwickelte reticuläre Fulcrumabschnitt seine Entstehung. Hierher muss aber ferner meiner Ansicht nach der Theil der Anlagezellen gerechnet werden, welcher sich zu Spongioblasten entwickelt. Letztere bilden eine zusammenhängende Schicht von Zellen, deren Fortsätze wenigstens bei den höheren Vertebraten constant in der Richtung nach innen sich entwickeln und frühzeitig Intercellularsubstanz absondern. Dadurch kommt das Neurospongium der Retina zu Stande, welches von jenem des Centralnervensystems nicht wesentlich verschieden ist, jedoch seine Eigenschaft als Abscheidungsproduct durch den etagenförmigen Wechsel in der Dichtigkeit des Gefüges verräth, welcher von den Cyklostomen bis zu den Vögeln eine sehr verbreitete Erscheinung ist.

Der die eigentlich nervösen Bestandtheile liefernde Abschnitt der Anlage wandelt sich auch in der Retina zu Ganglienzellen um, passt sich jedoch dabei dem örtlichen Bedürfnisse an, indem die Entwicklung der letzteren längs der äusseren und inneren Fläche der Spongioblasten, resp. des Neurospongium stattfindet. Die Ganglienzellen beider Schichten senden ihre Protoplasmafortsätze in das Neurospongium; die Axencylinderfortsätze der an der äusseren Fläche des letzteren sich entwickelnden Ganglienzellen treten in Contact mit den Sehzellen und greifen demnach nicht über die Retina hinaus, es empfiehlt sich daher für die sie beherbergende Schicht die Bezeichnung des Nucleus oder besser des Ganglion retinae; die Axencylinderfortsätze der an der inneren Fläche des Neurospongium sich entwickelnden Ganglienzellen bilden den Nervus opticus, es empfiehlt sich daher für die sie beherbergende Schicht die Bezeichnung des Nucleus oder besser des Ganglion nervi optici.

Es ist nicht schwer, die Verschiedenheit der Spongioblasten von den unmittelbar überliegenden Nervenzellen des Ganglion retinae schon zur Zeit des ersten Auftretens des Neurospongium zu constatiren. Wenn der Embryo von Triton cristatus die Länge von 8 Mm. erreicht und die Abscheidung von Intercellursubstanz durch die Forsätze der Spongioblasten eben begonnen hat, lassen sich die mehr der Kugelform zustrebenden Spongioblasten von den mehr spindelförmigen Zellen des Ganglion retinae ohne Schwierigkeit unterscheiden. Der mühsame Weg der embryologischen Forschung ist zur Feststellung dieser Verschiedenheit nicht einmal nothwendig; es genügt, die Retina vor Allem der Fische nach vorheriger Härtung

in Alkohol mit Carminpicrat zu imprägniren, um die Verschiedenheit der Spongioblasten von den Zellen des Ganglion retinae sofort zu constatiren.

Es enthält die Retina nach dieser Auffassung zwei gesonderte Leitungsstationen, welche in dem Neurospongium unter einander verbunden sind; die eine dieser Stationen erhält die Erregung von den Sehzellen unmittelbar übertragen, die andere besorgt die Weiterleitung zu den hinteren seitlichen Abschnitten des Vorderhirnes resp. Seehügels, um von hier aus die reflectorische Erregung der zu dem Auge in Beziehung stehenden Bewegungsnerven, und andererseits die Uebertragung der Erregung an die Denkzellen des Grosshirnes durch Inanspruchnahme weiterer Stationen zu vermitteln.

Es ist namentlich ein Einwand, welcher noch in letzterer Zeit gegen die Bedeutung der Sehzellen für den Sehact vorgebracht worden ist, welcher durch den Nachweis des Vorhandenseins zweier gesonderter Leitungsstationen in der Retina selbst seine einfache Widerlegung findet. Dies ist das Verhalten der Retina bei Anencephalen. Der Befund, welchen mir die beiden Netzhäute eines solchen Anencephalus dargeboten haben, stimmt vollkommen mit den Angaben überein, welche v. Wahl (De retinae textura in monstro anencephalo. Dissert. inaug. Dorpat 1859) und W. Manz (Archiv für pathologische Anatomie. Bd. 51. S. 313) über den gleichen Gegenstand veröffentlicht haben. Auch in dem von mir untersuchten Fall waren sämmtliche Netzhautschichten mit Ausnahme jener des Ganglion nervi optici und der Opticusfasern entwickelt; die Elemente der letzteren beiden Schichten waren durch ein mässig zellenreiches indifferentes Gewebe ersetzt; im Verlauf des Nervus opticus fanden sich wohl die Elemente des Fulcrum mit ihren Mesodermhüllen, die Axencylinder des Sehnerven aber waren zurückgebildet. Dieser Befund berechtigt aber nicht zu den Schlüssen, welche W. Manz aus seinen Beobachtungen gezogen hat. Wenn das Ganglion nervi optici mit seinen Fortsätzen bei einem Anencephalus sich zurückbildet, so ist dadurch kein Grund für eine gleichzeitige Rückbildung des Ganglion retinae oder gar der Sehzellen gegeben, denn diese Gebilde sind in ihrer Entwicklung dem Ganglion nervi optici, an das sie unter normalen Verhältnissen die Erregung übertragen, nicht subordinirt. Die Rückbildung des Ganglion nervi optici erfolgt aber bei einem Anencephalus im Anschluss an die Zerstörung, welche der intracerebrale Theil seiner Axencylinderfortsätze zugleich mit der Zerstörung des Vorderhirnes erfährt.

Es ist noch der Beziehungen der Retina zum Mesoderm hier zu gedenken. Diese Beziehungen beschränken sich bei Petromyzon auf das ursprüngliche Lagerungsverhältniss zum Glaskörper. Erst bei den höheren Vertebraten werden dieselben complicirter, indem ein Gefässe führender Abschnitt des Mesoderm durch die Kerbe an der ventralen Fläche der Augenblase in deren Inneres tritt und zunächst längs

der Oberfläche des Glaskörpers sich ausbreitend der Retina sich anlagert. Schon bei den Fischen und Reptilien bleibt es in einzelnen Fällen, wie das Beispiel des Aals und gewisser Chelonier zeigt, nicht bei der blossen Anlagerung; allgemein wird das Eindringen gefässhaltiger Sprossen des Mesodermüberzuges in das Innere der Retina erst bei den Säugethieren. Dieser dem Mesoderm entstammende Bestandtheil ist in seiner Entwicklung von den dem Neuroderm entstammenden Elementen völlig unabhängig, er wird bei der nachstehenden Vergleichung nicht weiter in Betracht gezogen werden.

A. Ektodermtheil (Epithelialer Theil) der Retina.

1. Schicht der Sehzellen.

Tafel XIV. *a.*

Unter dieser Bezeichnung fasse ich die Stäbchen-Zapfenschicht und die äussere Körnerschicht der Autoren zusammen. Ich begründe die Wahl der Bezeichnung mit dem Hinweis auf die von allen Beobachtern, deren Gesichtskreis nicht auf Säugethiere und Vögel beschränkt geblieben ist, eingeräumte Unmöglichkeit der Aufstellung charakteristischer Kennzeichen, auf deren Grund die Unterscheidung der den höheren Wirbelthieren eigenthümlichen beiden Modificationen der Sehzellen für die Wirbelthiere überhaupt durchführbar wäre, die Zusammenfassung mit dem Hinweis auf die nachgerade zur allgemeinen Anerkennung gelangte Ansicht, dass die sogenannten äusseren Körner weiter nichts als die den Kern enthaltenden Abschnitte der Sehzellen vorstellen. Was es aber für einen Sinn haben soll, aus dem die Abscheidungen des Protoplasma und aus dem den Kern enthaltenden Theil einer Zelle zwei besondere Schichten zu machen, vermag ich nicht einzusehen. Die Schicht enthält schon bei Myxine zweierlei Elemente, Sehzellen und Fulcrumzellen. Beide Bestandtheile lassen sich durch die ganze Wirbelthierreihe hindurch unterscheiden, beide haben im Verlauf der successiven Entwicklung Anpassungen erfahren, die Sehzellen in höherem Grade als die Gebilde des Fulcrum.

Was zunächst die Sehzellen anbetrifft, so ist deren Anordnung, deren Form und deren Bau für die Vergleichung auseinander zu halten.

Die Anordnung der Sehzellen in einfacher peripherer Schicht, wie sie Myxine darbietet, findet sich nur in einzelnen Familien der höheren Vertebraten noch vor, unter welchen nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen, welche der Erweiterung bedürfen, die Haie zu nennen sind. Auch bei ihnen ist das Vorkommen nur einer Art von Sehzellen kein allgemeines, wie das Beispiel von Mustelus zeigt, welcher wenigstens in den vorderen Abschnitten seiner Netzhaut zweierlei Elemente unterscheiden lässt. Bei der überwiegenden Mehrzahl hat diese einfache Anordnung

einer complicirteren Platz gemacht, als deren Prototyp der Befund von Petromyzon betrachtet werden kann, indem durch ungleiche Längenentwicklung und alternirende Lagerung eine doppelte Schicht von Sehzellen hergestellt wird. Die Bedeutung dieser Complicatien kann nur in einer grösseren Ausnützung der Lichtwellen gesucht werden. Indem die gegen die Lichtwellen empfindlichen Partien der langen und kurzen Sehzellen in verschiedene Ebenen zu liegen kommen, wird ein doppelter Schirm empfindlicher Elemente hergestellt. Auch dieses Verhältniss hat im Verlauf der weiteren Entwicklung verschiedene Modificationen erfahren, bei welchen namentlich die Familienanpassung eine wichtige Rolle spielt. Der eine Schirm kann den andern in der Zahl der Elemente überflügeln, dies kann in gleichförmiger Verbreitung in der ganzen Retina oder nur an bestimmten Stellen der Fall sein. Das Erstere findet statt bei den Teleostiern und einem Theil der Amnioten, bei welchen der durch die kürzeren aber breiteren Elemente gebildete innere Schirm gegen den äusseren an Zahl der Elemente zurücksteht; das Letztere ist der Fall im Bereich der Fovea centralis des Menschen und an einer entsprechenden Stelle der Retina von Syngnathus, wo in einer zusammenhängenden Strecke das eine Element gänzlich in Wegfall kommt.

Die Form der Sehzellen ist nicht geringeren Modificationen unterworfen als deren Anordnung. Als einer der durchgreifendsten Unterschiede ist hier die Ungleichheit in der Längenentwicklung anzuführen, welche von Petromyzon an in allen Wirbelthierklassen in bald mehr, bald weniger deutlicher Ausbildung wiederkehrt. Sie ist am beträchtlichsten bei den Amphibien, um Vieles geringer bei den Amnioten. Gerade die Reptilien bieten aber wieder nebst den Haien Beispiele von gänzlichem Ausbleiben der Längendifferenz. Die Ungleichheit der Länge hat häufig bestimmte andere Formeigenthümlichkeiten im Gefolge. Durchweg sind die Aussenglieder der kurzen Sehzellen konisch geformt, weil sie den sich verbreiternden Partien der zwischenliegenden langen Elemente sich anpassen; jene der langen Sehzellen zeigen Klassenunterschiede: sie sind bei Petromyzon konisch geformt, bei den höheren Vertebraten in der Regel cylindrisch. Die Innenglieder können bei gleicher absoluter Länge der Sehzellen nicht unbedeutende Längendifferenzen zeigen, wie dies die zwei Arten langer Sehzellen des Frosches beweisen; bei gleicher Länge und übrigens gleicher Form kann die Dicke beträchtliche Unterschiede darbieten, dadurch kommen die breiten und schmalen Sehzellen der Geckonen zu Stande. Die Kernstücke sind durch die Klasseneigenthümlichkeiten bedingten Formverschiedenheiten unterworfen: die Kernstücke der kurzen Sehzellen von Petromyzon entsprechen jenen der langen Sehzellen der Amphibien und umgekehrt.

Auch innerhalb derselben Retina finden wichtige Anpassungen statt. Die bemerkenswertheste derselben ist die Verschmälerung und Verlängerung, welche

die Sehzellen der Reptilien und wenigstens eines Theiles der Vögel und Säugethiere im Bereich der Area centralis zeigen. Eine solche Verschmälerung und Verlängerung bieten auch einzelne Fische in dem der Sehaxe entsprechenden Abschnitte ihrer Retina, z. B. Trigla. Dabei kann selbst die Form der Aussenglieder Modificationen erfahren; die konischen Aussenglieder der breiten Sehzellen von Platydactylus werden gegen die Area centralis hin immer mehr cylindrisch und stehen zugleich doppelt auf dem einfachen Innenglied, so dass sie von den Aussengliedern der nebenliegenden schmalen Sehzellen kaum mehr zu unterscheiden sind. An dieser Anpassungsfähigkeit muss der Versuch scheitern, die Sehzellen sämmtlicher Wirbelthiere in das aus den Beobachtungen an Säugethieren abgeleitete Schema einzuzwängen.

Gegenüber der Variabilität von Anordnung und äusserer Form hat der Bau der Sehzellen frühzeitig eine gewisse Constanz erlangt, so dass die sämmtlichen höheren Wirbelthieren eigenthümliche Gliederung bei Petromyzon bereits vollständig ausgebildet vorliegt. An den Sehzellen aller Wirbelthiere von den Petromyzonten an lassen sich ein Aussenglied, ein Innenglied, ein Kernstück und ein Fuss unterscheiden, jeder einzelne dieser Abschnitte kann Abscheidungen im Inneren und Abscheidungen in der Peripherie seines Protoplasma darbieten.

Der ursprünglich kurze und mit Carmin roth sich färbende protoplasmatische Fortsatz, aus welchem das Aussenglied sich hervorbildet, wird zur Abscheidung einer weichen, sehr vollkommen elastischen gleich der Mehrzahl der Cuticularbildungen mit Carminpicrat gelb sich färbenden Substanz verbraucht. Die Abscheidung schreitet von der Peripherie nach der Axe des Aussengliedes fort, wobei ein axialer Rest des die Abscheidung ursprünglich vermittelnden Protoplasmafortsatzes immerhin eine Zeit lang persistiren kann. Hierin suche ich den Grund der Differenz, welche das Aussenglied in Axe und Peripherie hinsichtlich seines Brechungsindex zeigt. In der Plättchenbildung sehe ich eine Folge der lamellösen Structur, wie sie Cuticularbildungen häufig zukommt; die Längsstreifung, welche bei den mit kolossalen Sehzellen versehenen Geckonen durch das Auftreten reihenweise stehender Grübchen und Vorragungen bedingt wird, kann ebensowohl eine Folge der Anpassung an die die Aussenglieder umscheidenden Fortsätze der Pigmentlamelle als ein Erbstück sein, denn das Auftreten von Sculpturen in der Zellenwand ist eine uralte Eigenschaft der Ektodermzellen.

Beträchtlicher sind die Modificationen, welche das Innenglied in den einzelnen Wirbelthierklassen darbietet. Constant ist das Vorhandensein eines modificirten Abschnitts seines Protoplasma in der an das Aussenglied angrenzenden Strecke; die Modification gibt sich schon am frisch untersuchten Innenglied durch

eine Verschiedenheit in Farbe und Lichtbrechungsvermögen, noch deutlicher nach der Imprägnirung mit Carminpicrat durch die Verschiedenheit der Färbung zu erkennen. Ich habe diesen modificirten Abschnitt bei keinem der untersuchten Wirbelthiere, auch nicht bei Schlangen und Sauriern, bei welch' letzteren derselbe noch besondere Eigenthümlichkeiten zeigt, vermisst. Besonderes Interesse bieten in Bezug auf diesen Abschnitt die breiten Sehzellen von Platydactylus, indem hier in dem stark körnigen Protoplasma des Innengliedes eine Anzahl von 2 bis 5 kugeligen, durch mehr homogene Beschaffenheit ausgezeichneten Klümpchen enthalten ist. Vgl. Tafel XIV. Fig. 6 δ. Die Constanz des Vorkommens und der Lagerung, sowie der Umstand, dass weitere Differenzirungen im Protoplasma des Innengliedes stets in unmittelbarer Nachbarschaft dieses Theiles sich finden, lässt mich vermuthen, dass gerade in ihm der gegen die Einwirkung der Lichtwellen empfindliche Theil der Sehzelle gesucht werden muss. Ich werde daher diesen modificirten Abschnitt des Protoplasma des Innengliedes als den empfindlichen Abschnitt (Ellipsoid W. Krause) bezeichnen. Im engen Anschluss an denselben finden sich in bestimmten Thierklassen noch weitere Differenzirungen im Innenglied. Hierher gehören einmal hellere, meist linsenförmig gestaltete Räume, welche constant nach innen von dem empfindlichen Abschnitt gelagert sind und ringsum von einer continuirlichen, wenn auch bisweilen sehr dünnen Protoplasmaschicht umgeben werden. Diese linsenförmigen Körper kommen bei Salamandra in beiden Arten von Sehzellen vor; sie haben bei Amphibien und Reptilien eine weite Verbreitung. Eine zweite Differenzirung findet sich namentlich in den kurzen Sehzellen von den Ganoiden bis zu den Vögeln an der Aussenfläche des empfindlichen Abschnittes. Sie beruht auf der Abscheidung einer stark lichtbrechenden, leicht gelblich gefärbten Substanz, welche in Form einer kleinen, häufig durch Farbstoffgehalt ausgezeichneten Kugel gerade unterhalb des Ansatzes des Aussengliedes sich findet. Diese glänzenden Kugeln sind eine sehr alte Einrichtung, denn die spärlichen Sehzellen der Larven der Aplidien und der ächten Ascidien enthalten bereits ihnen homologe Gebilde, die auch hier stets an der Grenze des Protoplasma gegen das unterliegende Pigment ihren Sitz haben. Ihr Farbstoff ist in Alkohol, Aether und Chloroform leicht löslich.

In der Peripherie ist das Protoplasma des Innengliedes zu einer dünnen Cuticularschicht verdichtet, welche eine ähnliche Streifung wie das Aussenglied darbieten kann. Diese Cuticularschicht setzt sich nicht selten, namentlich bei Reptilien und Vögeln, auf das anstossende Kernstück fort und umfasst das eigentliche Protoplasma wie ein Becher, wie Fig. 7 auf Tafel XIV. dies von Platydactylus zeigt; es können ferner Vorsprünge an dieser Cuticularschicht im Niveau der Membrana limitans externa vorhanden sein, an welche die Fasern dieser Membran oder

des speciellen Fulcrum dieser Schicht sich ansetzen, wofür gleichfalls Platydactylus einen Beleg liefert.

Das Kernstück (äusseres Korn der Autoren) verhält sich an den langen und kurzen Sehzellen in der Regel verschieden; auch hier spielt die Klassenanpassung eine wichtige Rolle. Regel ist, dass das Kernstück der einen Art von Sehzellen im Niveau der Membrana limitans externa liegt und sein Protoplasma durch eine Cuticularschicht gegen letztere abgrenzt.

Der Fuss der Sehzellen ist gewöhnlich bis zur Schicht der Nervenansätze verlängert; er besteht stets aus einem axialen Protoplasmatheil und einer Cuticularhülle. Die protoplasmatische Axe ist eine Fortsetzung des Protoplasma des Innengliedes, die Cuticularhülle verleiht dem Fuss den Glanz und scharf begrenzten Contour, welchen derselbe namentlich bei Fischen und Amphibien zeigt.

Versucht man auf Grund des im Vorstehenden besprochenen Befundes eine Vorstellung von der Bedeutung der einzelnen Abschnitte der Sehzellen für den Sehact zu gewinnen, so muss meiner Ansicht nach als oberster Satz festgehalten werden, dass die specifischen Leistungen einer Zelle an deren Protoplasma gebunden sind. Dieser Satz macht eine wesentliche Betheiligung der Aussenglieder an den Leistungen der Sehzelle von vorneherein unwahrscheinlich. Ich kann letzteren ebenso wie der peripherischen Cuticularschicht keine andere Rolle zuschreiben, als die der Befestigung resp. Isolirung. An der cuticularen Natur der Aussenglieder ändert deren weiche Beschaffenheit nichts, denn die Consistenz und Elasticität der Cuticularabscheidungen wird, wie die elementarste Kenntniss der vergleichenden Anatomie lehrt, dem Bedürfniss angepasst.

In dem Protoplasma der Sehzellen ist das Vorhandensein von zwei Abschnitten a priori sehr wahrscheinlich: eines, welcher Lichtwellen in Erregung umzusetzen, und eines zweiten, welcher die Erregung fortzupflanzen vermag. Im Hinblick auf diese Wahrscheinlichkeit wird die Nachweisbarkeit eines constant an bestimmter Stelle vorhandenen, modificirten Theiles des Protoplasma, wie er in dem empfindlichen Abschnitt vorliegt, von besonderer Wichtigkeit. Die Annahme, dass dieser Abschnitt Lichtwellen in Erregung umsetzt und dass das übrige vom Rest des Innengliedes durch das Kernstück in den Fuss sich erstreckende Protoplasma die Erregung fortpflanzt, steht mit dem, was direct sich beobachten lässt, im Einklang und genügt vollständig den Forderungen der Theorie.

Als zu besonderen Zwecken angebrachte untergeordnete Hülfsapparate betrachte ich, wegen ihrer Inconstanz, die an der inneren und äusseren Fläche des empfindlichen Abschnittes sich findenden Differenzirungen im Protoplasma. Speciell in den glänzenden Kugeln vermag ich nichts zu sehen als Vorrichtungen, durch welche

die Einwirkung von Lichtwellen bestimmter Länge gesteigert, jene von Lichtwellen anderer Länge hingegen vermindert oder aufgehoben wird. In dieser Beziehung muss der Einfluss hervorgehoben werden, welchen besondere Vorrichtungen im Bereich des vorderen Schirmes auf die Beschaffenheit der Lichtwellen ausüben müssen, welche den hinteren Schirm treffen. Die kürzeren Sehzellen sind es aber stets, welche diese besonderen Differenzirungen in ihrem Protoplasma beherbergen.

Das Fulcrum der Sehzellenschicht besteht aus einem Theil des allgemeinen Retinalfulcrum und aus einem speciellen Abschnitt. An dem allgemeinen Retinalfulcrum participirt die Schicht dadurch, dass die membranartigen Verbreiterungen der äusseren Enden der Radialfasern, welche ursprünglich die äussere Begrenzung der Retina bildeten, nach der Entwicklung der Aussen- und Innenglieder mit den Kernstücken oder den Uebergangsstellen der Innenglieder in die Kernstücke in Contact bleiben. Dies gibt die spätere Membrana limitans externa, in welche die äusseren Enden der Radialfasern übergehen.

Das specielle Fulcrum der Schicht ist bei den Petromyzonten wenig entwickelt und durch dünne hie und da membranartig verbreiterte Fasern repräsentirt, welche in radiärer Richtung zwischen der M. limitans externa und der Schicht der Nervenansätze ausgespannt sind. Dies ist auch der Befund, welchen das Specialfulcrum dieser Schicht bei den Amphibien darbietet, jedoch findet hier ein Uebergang zu der complicirteren Gestaltung bei den höheren Vertebraten dadurch statt, dass vereinzelte protoplasmareiche Zellen dicht über der Schicht der Nervenansätze zwischen den Enden der Sehzellen sich vorfinden. Bei den Reptilien ist dieses Specialfulcrum in viel mächtigerer Entwicklung vorhanden; es wird hier von rundlichen und ellipsoidischen Zellen gebildet, welche eine förmliche Schicht zwischen den Füssen der Sehzellen bilden und zum Theil in den zwischen den Kernstücken befindlichen Raum hineinragen. An sie schliessen sich netzförmig verzweigte mit membranartigen Verbreiterungen versehene Ausläufer an, welche mit der Membrana limitans externa und der Schicht der Nervenansätze Verbindungen eingehen und ein ziemlich dichtes interstitielles Netzwerk herstellen. Bei den Vögeln und Säugethieren tritt das Specialfulcrum mehr zurück, die Zellen sind protoplasmaärmer, in Folge davon auch am Imbibitionspräparat schwerer erkennbar, zugleich rücken die Elemente bei den Säugethieren von der unterliegenden Schicht der Nervenansätze mehr ab, so dass ihre Ausläufer nebst den Füssen der Sehzellen eine besondere Schicht zwischen den Kernstücken und der Schicht der Nervenansätze bilden. Dadurch kommt die äussere Faserschicht Henle's zu Stande. Die Scheiden, welche Landolt bei den Amphibien und Fr. Merkel bei dem Menschen in dieser Schicht beschrieben haben, gehören sämmtlich dem Specialfulcrum an.

B. Neurodermtheil (Cerebraler Theil) der Retina.

2. Schicht der Nervenansätze.

Tafel XIV. *b*.

Unter dieser Bezeichnung begreife ich die dünne Retinaschicht, in welcher der Contact der Ganglienzellenfortsätze mit den Sehzellen stattfindet. Es entspricht diese Schicht der Zwischenkörnerschicht Heinrich Müller's, der Membrana fenestrata W. Krause's, der äusseren granulirten Schicht Max Schultze's und der meisten Autoren.

Entsprechend der Identität der fundamentalen Beziehungen unterliegt diese Schicht in der ganzen Wirbelthierreihe nur unbedeutenden Modificationen. Ihre Dicke ist stets sehr gering; sie besteht aus zweierlei Elementen: den Nervenenden und Gebilden des Fulcrum.

Das Fulcrum dieser Schicht wird gebildet von Zellen, welche in radialer Richtung stark abgeflacht, in tangentialer verbreitert sind, mit flachem Kern, sehr wenig Protoplasma, aber deutlicher Membran, welche in eine grosse Zahl feiner verzweigter Ausläufer sich fortsetzt. Die Ausläufer der einzelnen Zellen treten allenthalben untereinander in Verbindung unter Bildung eines engen Netzwerkes. In der Regel sind die flachen Zellen in zwei Etagen angeordnet, die aber vielfach durch Zellenausläufer untereinander verbunden sind; dadurch erklärt sich das bei den höheren Vertebraten gewöhnliche Auftreten der Schicht in Form von zwei durch kernhaltige Verdickungen unterbrochenen Parallellinien.

Bei den Petromyzonten und Fischen steht die Entwicklung dieser Schicht gegen jene bei den höheren Vertebraten zurück, dies erklärt sich aus der mächtigen Entwicklung, welche bei diesen Thieren die unmittelbar sich anschliessende Schicht der tangentialen Fulcrumzellen erfahren hat. Mit besonderer Vorliebe liegen die Zellen in unmittelbarer Nähe der Enden namentlich der kurzen Sehzellen, sie geben zum Theil in radialer Richtung Fortsätze ab, welche, wie bei den Amphibien, zur M. limitans externa sich begeben. Vgl. Tafel XIV. Fig. 1 und 2. Ausserdem verlaufen andere Fortsätze sehr häufig eine Strecke weit längs der die Schicht durchsetzenden Radialfasern zu den inneren Schichten der Retina.

Die Art der Verbindung der Nervenenden mit den Sehzellen habe ich zuerst bei Platydactylus in den vorderen Partien der Retina gesehen; noch an demselben Tage ergab mir die Untersuchung der Retina von Salamandra und Triton ein mit der Beobachtung von Platydactylus übereinstimmendes Resultat. Später ist es mir gelungen, auch an der Retina von Protopterus, welche mit jener der Urodelen in allen wesentlichen Punkten übereinstimmt, das gleiche Verhalten festzustellen. Ich

habe dabei nur die Beobachtungen für gesichert angesehen, bei welchen der ganze Verlauf der Nervenfaser von der Ganglienzelle bis zur Sehzelle im Zusammenhang sich übersehen liess. Alle diese Augen waren in Weingeist gehärtet.

Bei sämmtlichen Thieren treten die Nervenenden in gleicher Weise mit dem Protoplasma der Sehzellen in Contact. Der Durchtritt durch die Lücken, welche die Ausläufer der flachen Fulcrumzellen lassen, erfolgt senkrecht oder noch häufiger in schiefer Richtung, nicht selten, nachdem die sehr feinen Nervenfasern eine kurze Strecke an der inneren Fläche der Schicht in tangentialer Richtung verlaufen sind. Die Insertion erfolgt am inneren Ende der Sehzellen und zwar in der Regel an einer etwas ausgezogenen Stelle, welche seitlich angebracht ist, mittelst einer konischen im Profil dreieckig erscheinenden Verbreiterung. Auf Tafel XIV. Fig. 6 ist der Versuch gemacht, die Verbindung aus der Retina von Platydactylus darzustellen. Die Uebereinstimmung in dem Verhalten dieses wichtigen Punktes zwischen Amphibien und Reptilien lässt mich vermuthen, dass die Verhältnisse bei Vögeln und Säugethieren nicht wesentlich anders liegen; die Kleinheit der Zellen und die starke Entwicklung des Specialfulcrum haben mich bei diesen Thieren an der Gewinnung so klarer Bilder, wie die Dipnoi und Amphibien sie ermöglichten, verhindert.

3. Schicht der tangentialen Fulcrumzellen.

Tafel XIII. Fig. 1—4. *d* und *d'*. Fig. 7 *c*. Tafel XIV. Fig. 3 *ζ*.

Es ist meiner Ansicht nach zweckmässig, diese Schicht von der vorhergehenden zu sondern, denn erst über derselben findet der Contact der Nervenenden und Sehzellen statt. Die Schicht ist bei Petromyzon höher entwickelt als bei irgend einer der folgenden Wirbelthierklassen, und zwar wird sie hier dargestellt von zwei Etagen grosser quadratischer Zellen, zwischen welchen eine Schicht ganz flacher, in faserartige Ausläufer sich fortsetzender Zellen gelagert ist. Die Entwicklung dieser zwischenliegenden Zellen und ihre allmähliche Abflachung lässt sich während des Larvenstadiums Schritt für Schritt verfolgen; der Irrthum, in welchen Max Schultze und Langerhans in der Deutung dieser Zellenausläufer gefallen sind, erklärt sich aus dem ungenügenden entwicklungsgeschichtlichen Material, welches beiden Beobachtern zu Gebote stand. Der gleichen Ursache, ausserdem der Nichtberücksichtigung des Befundes von Petromyzon fluviatilis, resp. von Lampetra schreibe ich den weiteren Irrthum zu, welchen beide Beobachter in der Deutung der grossen quadratischen Zellen begangen haben. Dieselben haben bei keinem der Petromyzonten mit den Sehzellen oder den Opticusfasern irgend welchen Zusammenhang, wohl aber besteht bei Petromyzon Planeri ein Zusammen-

hang der oberen Zellenlage mit dem Fulerumnetz der Schicht der Nervenansätze, bei Petromyzon fluviatilis und Lampetra fehlt derselbe.

Unter den höheren Vertebraten zeigt nur die Klasse der Fische eine Annäherung in dem Verhalten der Schicht an Petromyzon; die Modificationen des Baues sind aber in den einzelnen Familien so beträchtlich, dass schon aus diesem Umstand sich ergibt, dass in derselben ein fundamentaler Bestandtheil der Retina nicht gegeben ist. Am nächsten steht dem Befund bei Petromyzon der Bau der Schicht bei den Percoiden, wie aus der Figur 7 *c* auf Tafel XIII. ersichtlich ist. Die äussere Lage quadratischer mit grossem Kern versehener Zellen stimmt hier mit der entsprechenden von Petromyzon nahezu überein, die innere Schicht dagegen hat eine Anpassung erfahren, in Folge deren sie aus mehreren Lagen grosser aber flacher Zellen sich zusammensetzt. Bei den Cyprinoiden und Lophobranchiern sind beide Schichten wieder erkennbar, aber die innere ist weniger entwickelt als bei den Percoiden. Bei den Selachiern sind die quadratischen Zellen überhaupt in Wegfall gekommen, um einer einfachen, stellenweise doppelten Lage grosser, in radialer Richtung mässig abgeflachter, am Rande mit kurzen Ausläufern versehener Zellen Platz zu machen.

Bei den höheren Vertebraten findet sich die ganze Schicht nur in einem Rudiment; ich rechne hierher die einfache unzusammenhängende Lage rundlicher Zellen, welche besonders deutlich bei Reptilien und Vögeln der inneren Fläche der Schicht der Nervenansätze dicht anliegt und am gehärteten Präparate nicht selten durch einen schmalen Raum von den unterliegenden Elementen der Retina getrennt ist. Vgl. Tafel XIV. Fig. 2 *i*. Fig. 3 *ζ*.

Ich vermag in der ganzen Schicht weiter nichts zu sehen, als eine Sicherungsvorrichtung, durch welche die zarten Fortsätze der Zellen des Ganglion retinae in ihrer Lage befestigt werden, und bringe damit das Vorhandensein der Lücken in Zusammenhang, welche zwischen den mächtigen Zellkörpern in fast regelmässigen Abständen angebracht sind.

4. Schicht des Ganglion retinae.

Tafel XIV. *c*.

Die Gründe, aus welchen meiner Ansicht nach der äussere Theil der bisher sogenannten inneren Körnerschicht von dem Rest zu trennen und als Ganglion retinae zu bezeichnen ist, sind schon im Eingang dieses Abschnittes angeführt worden. Die Abbildungen auf Tafel XIV. gewähren einen Einblick in die Mächtigkeit der Schicht, welche das Ganglion retinae bildet. Dieselbe setzt sich gleich den übrigen Retinaschichten aus nervösen und stützenden Elementen zusammen.

Die Nervenzellen sind bei den Petromyzonten, wo sie namentlich bei Lampetra leicht kenntlich sind (vgl. Tafel XIV. Fig. 5 μ) verhältnissmässig gross, in radialer Richtung verlängert und durch je einen nach aussen gerichteten, etwas breiteren, im Verlauf zwischen den tangentialen Fulcrumzellen sich verästelnden und einen feineren unverästelt nach innen sich erstreckenden Fortsatz ausgezeichnet. Die Zahl der Ganglienzellen wird von jener der Sehzellen um ein Beträchtliches übertroffen. Es steht demnach jede Ganglienzelle mit einer Anzahl von Sehzellen, die in der Regel neben einander liegen werden, durch ihren sich verästelnden Axencylinderfortsatz im Zusammenhang. Die Erregung, welche eine solche Ganglienzelle weiter leitet, muss unter diesen Umständen die Resultante aus einer Anzahl von Einzelwirkungen darstellen, welche in einer bestimmten Gruppe von Sehzellen stattgefunden haben. Ausser den Ganglienzellen enthält die Schicht die Zellkörper der Radialfasern, welche der Mehrzahl nach längs der inneren Grenze derselben liegen, sowie kleinere Zellen mit seitlich abgehenden, zarten Fortsätzen. Letztere gehören wahrscheinlich einem speciellen Fulcrumtheil von reticulärer Beschaffenheit an.

Bei den höheren Vertebraten ist die Beschaffenheit der Schicht nicht wesentlich anders. Die Ganglienzellen sind auch bei ihnen mit Vorliebe in radialer Richtung verlängert, der Kern gross, vom Protoplasma enge umschlossen, das in der Richtung nach aussen und nach innen in je einen Fortsatz sich verlängert. Der etwas dickere äussere Fortsatz theilt sich nicht selten nahe der Schicht der Nervenansätze, der innere Fortsatz ist feiner und lässt sich bei Protopterus und den Amphibien an Schnittpräparaten gelegentlich unverzweigt durch die ganze Schicht und die unterliegende der Spongioblasten bis zur äusseren Fläche des Neurospongium verfolgen. Die Zahl der Nervenzellen ist unter den höheren Wirbelthieren wenigstens bei den untersuchten Säugethieren gegen jene der Sehzellen zurückstehend wie bei den Petromyzonten; die Erregung, welche sie fortpflanzen, wird demnach auch bei ihnen nicht der unmittelbare Ausdruck der Veränderung sein, welche die einzelnen Sehzellen durch die Einwirkung von Lichtwellen erfahren haben.

Ausser den Nervenzellen enthält die Schicht auch bei den höheren Vertebraten die Zellkörper der Radialfasern; sie geben ausser den beiden mächtigen zu den Membranae limitantes sich erstreckenden Fortsätzen nicht selten andere, mehr zarte ab, welche bei einem Theil der Amphibien, z. B. dem Frosch, ein lockeres Maschennetz bilden und durch das Neurospongium hindurch bis zwischen die Zellen des Ganglion nervi optici sich verfolgen lassen. Bei den Reptilien und wenigstens einem Theil der Fische enthält die Schicht ausserdem einen reticulären mit besonderen Zellen versehenen Fulcrumabschnitt. Derselbe hebt sich namentlich an Präparaten, welche in 1 procent. chromsaurer Kalilösung gehärtet und darauf mit

Carminpicrat gefärbt worden sind, durch dunklere Färbung, stärkeren Glanz und mehr homogene Beschaffenheit seiner Zellen von den Ganglienzellen ab; bei den Sauriern und Cheloniern ist der Unterschied der beiden Zellformen sehr in die Augen fallend. Die vielfach membranartig verbreiterten Ausläufer dieser Zellen stehen unter sich, sowie mit zarten Fortsätzen der Zellkörper der Radialfasern im Zusammenhang, sie bedingen in der Schicht des Ganglion retinae das Auftreten eines lockeren Maschenwerkes, in dessen Interstitien die Ganglienzellen gelagert sind. Auch den Vögeln und Säugethieren kommt ein solches reticuläres Specialfulcrum, wenn auch in reducirter Form, zu.

5. Schicht der Spongioblasten.

Tafel XIII. Fig. 7 *c*. Tafel XIV. Fig. 1—4 *d*.

Schon frühere Beobachter, namentlich v. Vintschgau und Heinrich Müller haben erwähnt, dass die innerste Lage der inneren Körnerschicht von grösseren und mehr runden Körnern gebildet werde. Diese Angabe ist vollkommen richtig, sie bedarf aber meiner Ansicht nach einer wesentlichen Erweiterung. Nach meinem Dafürhalten enthält der innere etwa zwei Fünftheile der Dicke begreifende Abschnitt der bisher sogenannten inneren Körnerschicht Zellen, welche zu dem unterliegenden Neurospongium im Verhältniss einer Matrix stehen. Diese Zellen unterscheiden sich von jenen des Ganglion retinae durch ihre beträchtlichere Grösse, mehr rundliche Form, stärker rothe Färbung bei Einwirkung von Carminpicrat, endlich durch die Richtung und Beschaffenheit ihrer Fortsätze. Bei den Petromyzonten fällt die dichtere Lagerung und mehr runde Form der Spongioblasten schon frühzeitig auf, gerade bei ihnen wird jedoch der Einblick in deren wahre Bedeutung dadurch erschwert, dass ein Theil derselben zugleich mit einem Theil der Nervenzellen des Ganglion nervi optici in das Neurospongium selbst zu liegen kommt. Ich kann diese Abweichung nur für eine Folge des Umstandes halten, dass der Verlauf der intraretinalen Opticusfasern bei den Petromyzonten ein von jenem der höheren Vertebraten verschiedener ist. Bei den Fischen fällt die Verschiedenheit der Spongioblastenschicht von jener des überliegenden Ganglion retinae sofort in die Augen; nicht minder ist dies bei den Amphibien und Amnioten der Fall, wenn nur die Retina hinreichend rasch nach dem Tode der Härtung unterworfen worden ist. Die Spongioblasten besitzen, wie die Nervenzellen des Ganglion retinae, einen verhältnissmässig dünnen Protoplasmaleib, welcher den grossen mit glänzendem Kernkörperchen versehenen Kern enge umgibt; sie geben bei den höheren Wirbelthieren in der Regel nur einen Fortsatz nach innen ab, welcher früher oder später sich zu theilen pflegt. Vgl. Tafel XIV. Fig. 2 *d*. Die Grösse der Spongioblasten ist nicht

unwesentlichen Schwankungen unterworfen, wenn ihr Durchmesser zu jenem der in der Schicht des Ganglion retinae liegenden Zellen durchschnittlich wie 4 : 3 sich verhält, so hindert dies nicht, dass ein Theil hinter dieser durchschnittlichen Grösse zurückbleibt; während ein anderer Theil sie übertrifft. Namentlich bei Reptilien und Vögeln finden sich längs der inneren Fläche der Schicht nicht selten vereinzelte, ungewöhnlich grosse Spongioblasten vor, deren Aussehen lebhaft an jenes grosser verästelter Ganglienzellen erinnert.

Ausser den Spongioblasten enthält die Schicht wenigstens bei einem Theil der Fische und bei den Amnioten dasselbe reticuläre Fulcrum, welches in der Schicht des Ganglion retinae entwickelt ist. Die Zellen dieses reticulären Fulcrumabschnittes unterscheiden sich von den Spongioblasten durch dieselben Eigenschaften, an welchen sie gegenüber den Nervenzellen des Ganglion retinae erkennbar sind, und namentlich sind es wieder die Reptilien, besonders Saurier und Chelonier, bei welchen die Unterscheidung am gefärbten Chromsäurepräparat verhältnissmässig leicht möglich ist. Die Schicht wird ausserdem durchsetzt von den inneren Fortsätzen der Radialfaserzellen. Dazu kommen noch die nach innen sich erstreckenden Protoplasmafortsätze der Nervenzellen des Ganglion retinae. Sie gehen, wie der Befund von Protopterus, den Amphibien und Reptilien übereinstimmend ergibt, mit den Spongioblasten keine Verbindung ein, sondern erstrecken sich unverzweigt zwischen denselben zur äusseren Fläche des Neurospongium. Ihre Verfolgung wird in einzelnen Familien, z. B. jener der Eidechsen, dadurch erleichtert, dass die Richtung ihres Verlaufes mit jener der Radialfasern unter spitzem Winkel sich kreuzt.

6. Schicht des Neurospongium.

Tafel XIII. Fig. 7 *f*. Tafel XIV. Fig. 1—5 *e*.

Das Neurospongium entspricht der inneren granulirten oder der Molecularschicht der Autoren. Einen der wesentlichen Bestandtheile desselben bilden die Fortsätze der Spongioblasten. Diese erstrecken sich vorwiegend in radialer, zum kleineren Theil in schiefer oder tangentialer Richtung durch das Neurospongium und lassen sich bisweilen bis nahe an dessen innere Fläche verfolgen; sie stellen feine, in ihrem Verlauf allmählich sich verschmälernde, mit glatter Oberfläche versehene Protoplasmacylinder dar, welche mit Carminpicrat sich roth färben und von der netzförmigen Substanz des Neurospongium unmittelbar umgeben sind. Die dichte Lagerung dieser Fortsätze bedingt an rasch gehärteten Präparaten das Auftreten einer sehr charakteristischen radialen Streifung, welche mit der durch die hindurchtretenden Radialfasern bedingten nicht verwechselt werden kann. Ausser

dieser feinen radialen Streifung zeigt das Neurospongium in grosser Verbreitung eine sehr charakteristische Bänderung, welche der Oberfläche der Retina parallel verläuft. Gewöhnlich verläuft ein stärkeres Band an der Grenze zwischen innerem und mittlerem Drittheil des Neurospongium und trennt die innere, etwas lockerer gefügte Partie von der äusseren dichteren; in beiden kommen wieder schmälere Bänder zum Vorschein, deren Gesammtzahl bis zu 10 betragen kann. Am Imbibitionspräparat treten diese Bänder als abwechselnd dunkler und heller gefärbte Streifen auf (Vgl. Tafel XIV. Fig. 1 bis 3 *c*). Die Ursache dieser Bänderung liegt in einer schichtweise vorhandenen, grösseren Enge des Netzes, welche durch beträchtlichere Dicke der Wandung der einzelnen Maschen bedingt wird, ein solcher etagenförmiger Wechsel in der Dichtigkeit des Gefüges ist bei Intercellularsubstanzen nichts Ungewöhnliches.

Im frischen Zustand erscheint die Substanz des Neurospongium blass, homogen, mit kleinen hellen Pünktchen dicht durchsetzt, am gehärteten Präparat stellt sie bei hinreichender Feinheit des Schnittes ein feines Netzwerk dar. Die Maschen dieses Netzwerkes sind enger und etwas regelmässiger gestaltet bei directer Härtung in Alkohol als bei vorheriger Einwirkung von dünnen Lösungen sauer reagirender Härtungsmittel. Das Verhalten der Substanz im frischen Zustande und nach Anwendung von Härtungsmitteln lässt sich meiner Ansicht nach durch die Annahme erklären, dass dieselbe in Form kleiner Tröpfchen abgeschieden wird, welche an der Oberfläche durch Entstehung eines Niederschlages festere Beschaffenheit erhalten. Die Hülle, welche dieser Niederschlag um den flüssigbleibenden Theil bildet, muss weich und zugleich sehr zähe sein, denn nur unter dieser Annahme lässt sich die geringe Consistenz der Schicht im frischen Zustande und die verschiedene Weite des Netzes, ohne dass die Continuität unterbrochen wäre, bei Einwirkung verschiedener Härtungsmittel erklären.

Während das Neurospongium bei den Cyklostomen constant einen Theil der Spongioblasten und der Nervenzellen des Ganglion nervi optici umschliesst, enthält dasselbe bei den höheren Vertebraten entweder keine oder nur sparsame und unregelmässig eingestreute Zellen. Die letzteren haben jedenfalls verschiedene Bedeutung. Bei den Fischen sieht man sehr gewöhnlich eine einfache Reihe ziemlich entfernt von einander stehender Zellen längs der Grenze zwischen innerem und mittlerem Drittheil des Neurospongium sich hinziehen. Vgl. Tafel XIII. Fig. 7 *f*. Diese Zellen sind klein, mit ellipsoidischem Kern und rudimentärem Protoplasma versehen, an einer Seite liegt letzteres dem Neurospongium dicht an, an der anderen steht es durch einen Zwischenraum von demselben ab. Ich vermag die Natur dieser Zellen nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Bei den Haien enthält die innere Partie des Neurospongium ganz gewöhnlich einen Theil der Nervenzellen des Ganglion

nervi optici, übereinstimmend mit den Cyklostomen. Bei den Reptilien und Vögeln finden sich gelegentlich grosse Zellen im Neurospongium, welche ebenso gut als verirrte Spongioblasten wie als verirrte Nervenzellen des Ganglion nervi optici gedeutet werden können. Ausserdem finden sich in beiden Klassen kleine blasse mit mehrfachen Ausläufern versehene Zellen in geringer Zahl vor, welche mit Ausläufern des reticulären Fulcrum in Verbindung stehen, welche von den benachbarten Schichten aus in das Neurospongium sich erstrecken.

Das Neurospongium wird von den inneren Fortsätzen der Radialfaserzellen in meist gerader Richtung durchsetzt, sie haben mit dem Netzwerk desselben keinen Zusammenhang, wie namentlich bei den mit kolossalen Radialfasern versehenen Tritonen (Triton taeniatus) und Geckonen (Platydactylus) unschwer sich constatiren lässt.

Ausserdem treten in das Neurospongium die Protoplasmafortsätze der Nervenzellen des Ganglion retinae und des Ganglion nervi optici ein. Das Verhalten derselben im Neurospongium ist derjenige Theil der vorliegenden Untersuchung gewesen, dessen Feststellung mit den grössten Schwierigkeiten verbunden war. Erst im Laufe des September erhielt ich zuerst bei einem 9 Mm. langen Embryo von Triton cristatus, dessen Neurospongium eben im Beginne der Entwicklung war, später bei dem erwachsenen Triton taeniatus Resultate von hinreichender Deutlichkeit, um denselben Zutrauen schenken zu können. Hierin liegt der Grund, warum gerade dieser wichtige Punkt bei den Abbildungen eine Berücksichtigung nicht mehr finden konnte. Nach meinen Beobachtungen theilen sich die beiderseitigen Fortsätze, nachdem sie in das Neurospongium eingetreten sind, jene des Ganglion retinae stets in viel geringerem Grade, als jene des Ganglion nervi optici. Die aus der Theilung resultirenden feinen Aeste werden von dem Neurospongium dicht umgeben, sie legen sich in ihrem Verlauf vielfach aneinander, so dass ein mässig dichter, das Neurospongium durchsetzender Plexus entsteht. Der Verlauf der einzelnen Zweige ist dabei fast immer ein annähernd gestreckter, der ganze Plexus enthält in Folge davon ein sparriges Aussehen. Indem die aus dem Ganglion nervi optici stammenden Verzweigungen im Allgemeinen die Richtung nach aussen, die aus dem Ganglion retinae stammenden die Richtung nach innen einhalten, treten beide schliesslich in Verbindung, in der Regel unter dreieckiger Verbreiterung der Verbindungsstellen. Der Nachweis des Plexus erfordert die Anwendung starker Vergrösserungen; ein Versuch, den Durchmesser der Nervenfasern zu bestimmen, ergab, dass derselbe zwischen 0,0002 und 0,0005 sich bewegte. Es bedarf kaum der ausdrücklichen Erwähnung, wie nahe dieses Resultat mit den Angaben übereinstimmt, welche Gerlach und Franz Boll über die Verbindung der Ganglienzellen im Gehirn veröffentlicht haben. Als eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit

muss noch angeführt werden, dass die Fortsätze der Nervenzellen des Ganglion nervi optici bei ihrer Verästelung vielfach übereinander hinweggreifen, so dass, wenn man den Verästelungsbezirk jeder Ganglienzelle mit einem Kreise umschreiben würde, das Neurospongium lauter Kreise enthielte, deren Flächen theilweise sich decken.

Das Neurospongium ist in dem Voranstehenden stets als ein Abscheidungsproduct der Spongioblasten aufgefasst worden. Die Gründe, welche mich dazu veranlassen, sind im Eingange des vergleichenden Theiles und in dem vorigen Capitel zum Theil bereits ausgeführt; sie bestehen im Wesentlichen in dem Mangel an charakteristischen Zellen im Neurospongium der höheren Vertebraten und in der Verschiedenheit der Eigenschaften der Spongioblasten von jenen der Nervenzellen des Ganglion retinae. Ich habe eines der wichtigsten Argumente noch hinzuzufügen: Dieses ist gegeben durch die Unabhängigkeit der Entwicklung des Neurospongium von der Mächtigkeit des anliegenden Ganglion nervi optici und durch die Abhängigkeit seiner Entwicklung von der Mächtigkeit der Spongioblastenschicht. Auf zwei Wegen lassen diese Beziehungen durch Messung der Dicke der einzelnen Retinaschichten sich prüfen: entweder durch Messung entsprechender Stellen der Netzhäute verschiedener Wirbelthiere oder durch Messung der einzelnen Schichten an verschiedenen Stellen derselben Netzhaut.

Es ist hierbei einer Verschiedenheit in dem Verfahren zu gedenken, welches bei der Messung der Retinaschichten zu einem histologischen Zweck wie der vorliegende gegenüber dem gewöhnlichen, hauptsächlich dioptrischen Zwecken dienenden Verfahren einzuhalten ist. Für den Dioptriker handelt es sich um die Entfernung der einzelnen Elemente von der Membrana limitans interna; er wird daher die sämmtlichen zwischen der letzteren und dem zu bestimmenden Punkt befindlichen Retinaschichten in Betracht zu ziehen haben. Für den vorliegenden Zweck handelt es sich darum, die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen an dem Aufbau der Retina betheiligten Schichten durch Bestimmung ihrer Dicke kennen zu lernen. Für diesen Zweck muss von der Schicht der Sehnervenfasern abgesehen werden, denn der Beitrag, welchen die gerade der Messung unterworfene Stelle der Netzhaut zur Schicht der Opticusfasern liefert, ist verschwindend. Wo die letztere eine beträchtlichere Dicke besitzt, enthält sie Elemente, deren Ursprung zum weitaus überwiegenden Theil entfernten Bezirken der Retina angehört.

Die nachstehenden Messungen sind sämmtlich an Netzhäuten ausgeführt, welche der Härtung durch Alkohol unterworfen gewesen sind. Es muss dabei bemerkt werden, dass die Abgrenzung der Spongioblastenschicht gegen jene des Ganglion retinae eine weniger vollkommene ist, als jene der übrigen Schichten von einander. Es sind aus diesem Grunde Irrthümer in der dritten Decimale für beide

Schichten nicht zu vermeiden; aus den Tabellen selbst ist ersichtlich, wie wenig ein solcher Irrthum das Resultat im Grossen und Ganzen zu alteriren vermag.

Ich theile zunächst die Resultate mit, welche die Messung der Retina verschiedener Thiere an Stellen mit annähernd gleicher Dicke des Ganglion nervi optici ergeben hat:

Tabelle A.

Thierspecies	Retina bis zum Gangl. nervi opt. incl.	Sehzellen	Nervenansätze	Tangent. Fulcrumzell.	Ganglion retinae	Spongioblasten	Neurospongium	Ganglion nervi opt.
Acanthias vulg. . . .	0,257	0,065	0,003	0,012	0,066	0,042	0,056	0,013
Perca fluviat.	0,267	0,130	0,004	0,014	0,020	0,016	0,070	0,013
Serranus cabrilla . . .	0,400	0,150	0,004	0,015	0,030	0,020	0,065	0,015
Acerina vulg.	0,330	0,191	0,003	0,014	0,022	0,015	0,072	0,013
Cottus gobio	0,240	0,110	0,004	0,012	0,025	0,012	0,012	0,015
Maena vulgaris . . .	0,400	0,190	0,004	0,010	0,030	0,020	0,065	0,015
Rana esculenta . . .	0,270	0,085	0,006	—	0,060	0,029	0,056	0,016
Lepidosternon micr. . .	0,100	0,023	0,003	—	0,013	0,010	0,021	0,010
Platydact. Thec. . . .	0,230	0,095	0,004	—	0,026	0,020	0,059	0,013
Testudo geometrica . .	0,215	0,052	0,004	—	0,026	0,018	0,056	0,013
Columba livia	0,175	0,056	0,004	0,004	0,029	0,0195	0,0495	0,013
Homo ½ Jahr	0,210	0,115	0,003	—	0,026	0,007	0,026	0,013
„ 42 Jahre . . .	0,241	0,115	0,003	—	0,029	0,010	0,030	0,013

Es ergibt diese Tabelle: 1) die Unabhängigkeit der Dicke des Neurospongium von der Dicke des Ganglion nervi optici; 2) die Unabhängigkeit des Neurospongium von der Dicke des Ganglion retinae; es ergibt die Tabelle aber 3) bei gleicher Mächtigkeit der Spongioblastenschicht eine verschiedene Dicke des Neurospongium bei den verschiedenen Familien derselben Klasse. Dies ist ein Verhalten, welches in auffallender Weise an das entsprechende der Schicht der tangentialen Fulcrumzellen erinnert; so steht der mächtigen Spongioblastenschicht von Acanthias ein relativ wenig entwickeltes Neurospongium, der viel dünneren Spongioblastenschicht von Perca ein mächtiges Neurospongium gegenüber. Die Bedenken, welche angesichts dieser Familieneigenthümlichkeiten der Benutzung der Tabelle entgegenstehen, insofern eine Beziehung des Neurospongium zur Spongioblastenschicht aus ihr gefolgert werden soll, fallen weg bei der folgenden Tabelle, welche die Messungen verschiedener Stellen derselben Retina wiedergibt.

Tabelle B.

Thierspecies	Ort der Messung	Dicke der Netzhaut	Sehzellen	Nervenansätze	Tangent. Fulcrumzell.	Ganglion retinae	Spongioblasten	Neurospongium	Ganglion nervi opt.
Acanthias vulg.	Mitte	0,257	0,065	0,003	0,012	0,066	0,042	0,056	0,013
	Nahe dem spiralig umgebogenen Vorderende	0,218	0,042	0,003	0,004	0,062	0,042	0,055	0,010
Trigla cataphr.	Area centr.	0,363	0,224	0,003	0,007	0,039	0,026	0,052	0,012
	Mitte	0,297	0,165	0,003	0,010	0,029	0,023	0,047	0,010
	Nahe dem vord. Ende	0,135	0,069	0,003	0,003	0,016	0,010	0,025	0,007
Perca fluviatilis	Nahe der Mitte	0,297	0,132	0,004	0,016	0,022	0,020	0,080	0,023
	Nahe dem vord. Ende	0,264	0,130	0,004	0,014	0,020	0,016	0,070	0,010
Lacerta agilis	Area centr.	0,244	0,060	0,016	—	0,044	0,028	0,060	0,036
	Mitte	0,204	0,044	0,008	—	0,040	0,028	0,060	0,024
	Nahe dem vord. Ende	0,154	0,039	0,004	—	0,026	0,020	0,052	0,013
Columba livia	Nahe der Mitte	0,214	0,056	0,004	0,006	0,036	0,026	0,066	0,020
	Nahe dem vord. Rande	0,175	0,056	0,004	0,004	0,029	0,0195	0,0495	0,013

Es geht aus dieser Tabelle hervor: 1) die Abnahme der Dicke sämmtlicher der Messung unterworfenen Retinaschichten vom Augenhintergrunde gegen den Rand der Retina; 2) die geringere Abnahme des Ganglion retinae gegenüber dem Ganglion nervi optici, welche zum Theil ihre Erklärung in der Verschiedenheit der Elemente findet, welche in dieser Schicht enthalten sind (Zellkörper der Radialfasern, Specialfulcrum, Ganglienzellen); 3) die Unabhängigkeit der Abnahme des Neurospongium von der Abnahme des Ganglion nervi optici; 4) die Abhängigkeit der Abnahme des Neurospongium von der Abnahme der Spongioblastenschicht (besonders deutlich bei Lacerta und Columba).

7. Schicht des Ganglion nervi optici.

Tafel XIII. Fig. 7 *g*. Tafel XIV. Fig. 1—4 *f*.

Die Ganglienzellen, welche den Fasern des Nervus opticus Ursprung geben, verhalten sich durch die ganze Wirbelthierreihe im Wesentlichen conform. Bei Petromyzon kommt ein Theil derselben stets innerhalb des Neurospongium zu liegen,

bei den höheren Vertebraten ist dies nur ausnahmsweise der Fall. Die Schicht enthält ausser den Ganglienzellen constant Elemente des Fulcrum, einmal in Form der zwischen den Ganglienzellen hindurchtretenden inneren Fortsätze der Radialfasern, dann in Form eines speciellen Fulcrumantheiles. Dieser wird bei den Amphibien durch feine Fasern repräsentirt, welche von den Radialfasern sich abzweigen und zwischen den Zellen des Ganglion nervi optici ein sehr lockeres Geflecht bilden. Bei den Fischen, namentlich aber den Amnioten, wird dieses Fibrillennetz durch ein ähnliches reticuläres Fulcrum substituirt, wie es in der Schicht des Ganglion retinae sich findet, jedoch tritt dasselbe gegen die Ganglienzellen bedeutend zurück. Die Ausläufer, welche diese Fulcrumzellen entsenden, bilden bei den Reptilien und Vögeln in Verbindung mit den inneren Enden der Radialfasern ein sehr entwickeltes Septensystem, in dessen Interstitien die einzelnen Bündel der Opticusfasern gelagert sind. Bei beiden setzt sich dieses Septensystem in eine mächtige, aus vielfach zusammenhängenden, im Allgemeinen in radiärer Richtung verlaufenden feinen Fasern bestehende innere Faserschicht fort, welche bei Lacerta ocellata in einer Dicke von 0,14, bei Testudo geometrica von 0,026, bei Columba livia von 0,01 zwischen die Schicht der Opticusfasern und die Membrana limitans interna eingeschaltet ist.

Bei allen Wirbelthieren nimmt der Durchmesser des Ganglion nervi optici und mit ihm die Zahl der Ganglienzellen von der Mitte gegen den Rand der Retina hin ab. Die physiologische Bedeutung dieses constanten Befundes kann nur darin gesucht werden, dass je weiter gegen den Rand der Retina eine um so grössere Zahl von Sehzellen resp. von Nervenzellen des Ganglion retinae die Erregung je einer Nervenzelle des Ganglion nervi optici zuleitet. Daraus wird aber folgen, dass der Eindruck, welchen das Vorderhirn durch Vermittlung des Nervus opticus erhält, um so unvollkommener ein richtiges Bild der Veränderungen in der Netzhaut darstellen wird, je mehr einzelne Wirkungen in Folge der anatomischen Verhältnisse zu einer Resultante zusammengefasst worden sind.

Einen ganz entsprechenden Einfluss muss das Verhältniss ausüben, welches bei den verschiedenen Wirbelthieren zwischen der Zahl der Nervenzellen im Ganglion nervi optici und der Zahl der Nervenzellen im Ganglion retinae resp. der Zahl der Sehzellen besteht. Dieses Verhältniss ist in den einzelnen Klassen und Familien ein sehr verschiedenes; die Extreme bilden, soweit ich aus meinen Beobachtungen schliessen kann, die Lacerten einerseits, Lampetra und Säugethiere andererseits. Eine auch nur oberflächliche Vergleichung der grossen Zahl relativ kleiner, in fünffacher Schicht in der Mitte der Netzhaut übereinanderliegender Nervenzellen im Ganglion nervi optici bei Lacerta, welche nicht minder zahlreichen Nervenzellen im Ganglion retinae und mässig breiten Sehzellen gegenüberstehen, mit den voluni-

nösen in höchstens doppelter Schicht sich vorfindenden Nervenzellen im Ganglion nervi optici des Menschen und Hundes, welche verhältnissmässig spärlichen Nervenzellen im Ganglion retinae, dafür aber desto zahlreicheren schmalen Sehzellen gegenüberstehen, führt mit Nothwendigkeit zu dem Schlusse, dass bei dem ersteren Thier viel kleinere Bezirke der Netzhaut ihre Veränderungen auf das Vorderhirn zu projiciren vermögen als bei den letzteren. Dies scheint mir die Richtung zu sein, in welcher durch genaue Vergleichung der anatomischen Verhältnisse eine feste Basis für eine Bestimmung der Sehschärfe der einzelnen Wirbelthiere sich gewinnen lassen wird.

8. Schicht der Sehnervenfasern.

Tafel XIII. Fig. 1—4 *f*. Fig. 7 *h*. Tafel XIV. Fig. 1—4 *g*.

Diese Schicht wird gebildet von den Axencylinderfortsätzen der Nervenzellen des Ganglion nervi optici. Es ist bei sämmtlichen Wirbelthieren nicht schwer, auf Flächen- und selbst auf Querschnitten der Retina den Zusammenhang der Opticusfasern mit den Nervenzellen des Ganglion nervi optici zu constatiren, wenn man das Auge in Weingeist härtet und die Schnitte mit Carmin färbt. Gerade diese Schicht hat bei den Petromyzonten einen Verlauf, welcher von jenem bei allen höheren Vertebraten abweicht. Gleich den Protoplasmafortsätzen treten auch die Axencylinderfortsätze der Nervenzellen des Ganglion nervi optici bei sämmtlichen Petromyzonten in das Neurospongium ein, sie durchsetzen aber letzteres unverzweigt, um an dessen äusserer Fläche die Schicht der Sehnervenfasern herzustellen. Beiderlei Fortsätze unterscheiden sich in ihrem Verhalten zum Neurospongium dadurch sehr wesentlich, dass die Protoplasmafortsätze von letzterem enge umgeben, die Axencylinderfortsätze von demselben durch einen schmalen Zwischenraum geschieden sind. Dies lässt sich nur durch die Annahme erklären, dass die letzteren durch eine dünne Flüssigkeitsschicht von dem anliegenden Neurospongium gesondert werden. Bei allen übrigen Vertebraten verläuft die Schicht der Sehnervenfasern nach innen von dem Ganglion nervi optici; das Verhalten ist im Uebrigen, von der Lagerungsabweichung abgesehen, bei Petromyzon und den höheren Vertebraten übereinstimmend; die in radiärer Richtung der Austrittsstelle des Sehnerven zustrebenden Faserbündel des Nervus opticus erhalten weder bei Petromyzon noch bei den übrigen Vertebraten nervöse Elemente aus anderen Retinaschichten, als jener des Ganglion nervi optici. Bemerkenswerth ist eine Eigenthümlichkeit des Verlaufes, welchen die Sehnervenfasern bei Maena vulgaris zeigen. Die Retina dieses Fisches zeigt nach vorne von dem hinteren Ende der Fissura falciformis eine flache, schon mit freiem Auge erkennbare Vertiefung; sie entsteht, wie drei Augen übereinstimmend

ergeben haben, dadurch, dass die Schicht der Sehnervenfasern gerade in der Richtung der Sehaxe in einem kleinen Bezirk dünner ist, als in der Umgebung. Es erinnert dies an die viel ausgesprocheneren Beziehungen, welche der Verlauf der Sehnervenfasern zur Area s. Fovea centralis der Amnioten zeigt; es fehlen jedoch an der betreffenden Stelle der Retina von Maena alle die Eigenthümlichkeiten, wie sie sonst der Area centralis zukommen, namentlich die Verlängerung und Verschmälerung der Sehzellen, wie sie Trigla in sehr ausgesprochener Weise darbietet. Ich habe einen Grund weder für die Eigenthümlichkeit, welche Maena, noch für die viel auffallendere Eigenthümlichkeit, welche Petromyzon und Lampetra in dem Verlauf ihrer Sehnervenfasern zeigen, aufzufinden vermocht.

Dies sind in ihren Hauptzügen die Resultate, zu welchen die vergleichende Entwicklungsgeschichte des Sehorgans der Wirbelthiere mich geführt hat. Ich bin mir bei Veröffentlichung derselben voll bewusst, dass die Arbeit auf einem Gebiete sich bewegt, auf welchem den Besten und Geübtesten Irrthümer begegnet sind. Ich habe mich nach Möglichkeit bemüht, solche zu vermeiden, mache aber auf Unfehlbarkeit keinen Anspruch. Ich werde der Erste sein, auf bessere Beobachtung sich gründende Belehrung anzuerkennen.

Erklärung der Tafeln.

Tafel X.

Figur 1. Vorderes Ende des Centralnervensystems von Amphioxus. Sagittaler Schnitt. *a.* Pigmentirte Stelle. *b.* Vorderhirnhöhle. *c.* Centralkanal. *d.* Ursprungszellen des ersten sensiblen Nerven. *e.* Geruchsorgan. *f.* Flossenstütze. *g.* Chorda.

Figur 2. Vorderes Ende des Centralnervensystems von Amphioxus. Horizontaler Schnitt. *a.* Pigmentirte Stelle. *b.* Vorderhirnhöhle. *c.* Centralkanal. *d.* Mittelhirn. *e.* Ektoderm.

Figur 3. Vorderes Ende des Centralnervensystems von Amphioxus von vorne gesehen. *a.* Pigmentirte Stelle. *b.* Riechgrube, die innere Hälfte mit Flimmerepithel ausgekleidet. *c.* Erster sensibler Nerv. *d.* Flossenstütze. *e.* Gefässräume. *f.* Chordascheide. *g.* Chorda. *h.* Erster Seitenmuskel. *i.* Faserlage der Cutis. *k.* Ektoderm.

Figur 4. Querschnitt hinter Figur 3. *a.* Vorderhirnhöhle. *b.* Vorderhirnwand. *c.* Erster sensibler Nerv. *d.* Flossenstütze. *e.* Seitenmuskel. *f.* Chordascheide. *g.* Chorda.

Figur 5. Querschnitt hinter Figur 4. *a.* Dorsalwärts verengte Vorderhirnhöhle. *b.* Hülle des Vorderhirns. *c.* Erster sensibler Nerv. *d.* Flossenstütze. *e.* Seitenmuskel. *f.* Chordascheide. *g.* Chorda.

Figur 6. Querschnitt hinter Figur 5. *a.* Uebergangsstelle der Vorderhirnhöhle in den Centralkanal mit dorsalwärts liegender Erweiterung. *b.* Vorderste Ursprungszellen des ersten sensiblen Nerven. *c.* Fasern der Stützsubstanz. *d.* Erster sensibler Nerv. *e.* Flossenstütze. *f.* Seitenmuskeln. *g.* Chordascheide. *h.* Chorda.

Figur 7. Hühnchenembryo mit 8 Muskelsegmenten. *a.* Vorderhirn. b^1. Mittelhirn. b^2. Nachhirn. *c.* Rückenmark. *d.* Ektoderm. *e.* Anlage der Venenschenkel. *f.* Muskelanlagen.

Figur 8. Querschnitt durch den Kopf einer 5 Mm. langen Larve von Petromyzon fluviatilis. *a.* Vorderhirn. *b.* Stelle des zukünftigen Chiasma. *c.* Augenblase. *d.* Deren Mesodermhülle. *e.* Augenblasenstiel. *f.* Muskeln. *g.* Ektoderm.

Figur 9. Querschnitt durch die Augenblase eines Hühnchenembryo mit 17 Muskelanlagen. *a.* Vorderhirn. *b.* Augenblasenstiel. *c.* Augenblase. *d.* Linseneinstülpung. *e.* Mesoderm, in der Sonderung in einen cerebralen und einen parietalen Abschnitt begriffen. *f.* Dünne Mesodermschicht zwischen Augenblase und Linse.

Tafel XI.

Figur 1. Horizontaler Schnitt durch den Kopf von Myxine glutinosa, im Niveau beider Augen geführt. *a.* Vorhof der Riechgrube. *b.* Riechgrube. *c.* Auge. *d.* Vorderhirn. *e.* Mittelhirn. *f.* Ursprung des Nervus olfactorius. *g.* Nervus trigeminus mit dem Ganglion nervi trigemini. *h.* Nervus acusticus mit dem Ganglion nervi acustici. *i.* Nervus facialis, das Ganglion nervi acustici durchbohrend, um durch den Schädel zu treten. *k.* Knorpelstützen der Riechgrube. *l.* Knorpelige Gehörkapsel. *m.* Musculus-tentaculo-ethmoidalis. *n* und *n'* Musculus tentacularis posterior und Musculus palato-ethmoidalis superficialis. *o.* Musculus hyo-copulo-palatinus (Paul Fürbringer). *p.* Seitenrumpfmuskel.

Figur 2. Horizontaler Schnitt durch den Kopf von Myxine glutinosa im Niveau des Chiasma. *a.* Hintere Wand der Riechgrube und vordere des Schädels. *b.* Seitenwand des Schädels. *c.* Vorderhirn. *d.* Ur-

sprung des Nervus trigeminus. *e.* Dessen Ganglion. *f.* Auge. *g.* Nervus opticus. *h.* Dessen in der Gehirnsubstanz verborgener Abschnitt. *i.* Trigonum cinereum. *k.* Infundibulum.

Figur 3. Horizontaler Schnitt durch das Auge von Myxine glutinosa im Niveau des Sehnerveneintritts. *a.* Nervus opticus. *b.* Dessen Ausstrahlung in die Retina. *c.* Insertion der Radialfasern an der M. limitans interna. *d.* Neurospongium mit den Zellen des Ganglion nervi optici. *e.* Ganglion retinae. *f.* Schicht der Sehzellen mit zwischenliegenden Zellen des Fulcrum. *g.* Pigmentlamelle der Augenblase. *h.* Deren Uebergang in die Retina. *i.* Glaskörperanlage. *k.* Gefässhaltige Mesodermhülle des Auges, die Gefässe von der Aorta aus injicirt.

Figur 4. Schnitt durch die Augenblase. *a.* Pigmentlamelle. *b.* Sehzellen. *c.* Zwischenliegende Zellen des Fulcrum. *d.* Radiale und tangentiale Fasern, zum Theil mit den zugehörenden Zellen. *e.* Ganglion retinae. *f.* Neurospongium. *g.* Ganglion nervi optici.

Figur 5. Querschnitt der Vorderhirnbasis von Myxine im Niveau des Sehnerveneintritts. *a.* Zweige der inneren Carotis. *b.* Sehnerv. *c.* Dessen im Vorderhirn verborgener Abschnitt. *d.* Chiasma nervorum opticorum. *e.* Vorderhirnbasis zwischen Trigonum cinereum und Infundibulum.

Figur 6. Stelle des Chiasma von Myxine. *a.* Nervenfaserzüge. *b.* Zwischen denselben liegende Zellengruppen.

Figur 7. Horizontaler Schnitt durch die Vorderhirnbasis von Petromyzon Planeri. *a.* Trigonum cinereum. *b.* Infundibulum. *c.* Nervus opticus. *d.* Axenstrang des Fulcrum. *e.* Insertion der Zellenausläufer des Axenstranges an der Mesodermhülle des Nervus opticus. *f.* Chiasma nervorum opticorum.

Tafel XII.

Figur 1. Querschnitt des Nervus opticus einer 100 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Mesodermhülle des Nerven. *b.* Netzwerk und *c.* Zellen des Axenstranges des Fulcrum.

Figur 2. Querschnitt des Nervus opticus und der Arteria ophthalmica vom ausgebildeten Petromyzon fluviatilis. *a.* Mesodermhülle des Nerven. *b.* Netzwerk und *c.* Axenstrang des Fulcrum. *d.* Arteria ophthalmica, längs der unteren Fläche des Nerven verlaufend. *e.* Lockeres Bindegewebe mit Venen zwischen Nerv und Arterie.

Figur 3. Querschnitt des Auges einer 15 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Ektoderm. *b.* Cutis. *c.* Muskeln. *d.* Unterhautbindegewebe. *e.* Anlage der Descemet'schen Haut. *f.* Linse. *g.* Dünne Mesodermschicht zwischen Linse und Retina. *h.* Retina. *i.* Pigmentlamelle. *k.* Pigmentirter, *l.* pigmentfreier Abschnitt der Mesodermhülle des Auges, der letztere in die Anlage der Membrana Descemeti sich fortsetzend.

Figur 4. Horizontalschnitt des Auges einer 30 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Ektoderm. *b.* Cutis. *c.* Unterhautbindegewebe. *d.* Membrana Descemeti. *e.* Linsenkapsel. f. Linse. *g.* Kerbe der ventralen Fläche der Augenblase zum Eintritt des Glaskörpers. *h.* Retina. *i.* Pigmentlamelle. *k.* Pigmentirte Mesodermhülle des Auges.

Figur 5. Querschnitt des Auges einer 45 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Ektoderm. *b.* Cutis. *c.* Unterhautbindegewebe. *d.* Membrana Descemeti. *e.* Linsenkapsel. *f.* Linse. *g.* Glaskörper. *h.* Retina. *i.* Pigmentlamelle. *k.* Pigmentirter, *l.* pigmentfreier Abschnitt der Mesodermhülle des Auges, der letztere in die Descemet'sche Membran sich fortsetzend. *m.* Augenmuskeln. *m'.* Seitenmuskel. *n.* Ast des Nervus trigeminus.

Figur 6. Querschnitt durch das Auge einer 105 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Ektoderm. *b.* Cutis. *c.* Unterhautbindegewebe. *d.* Membrana Descemeti. *e.* Muskel. *f.* Chorioidea und Sklera. *g.* Linsenkapsel. *h.* Linsenhöhle. *i.* Linse. *k.* Glaskörperstiel. *l.* Pars retinalis. *l'.* Pars chorioidea iridis. *m.* Retina. *n.* Bezirk mit Fortsätzen an den Sehzellen. *o.* Pigmentlamelle. *p.* Glaskörper.

Figur 7. Radiärer Schnitt durch Cornea, Iris und vorderes Ende der Retina eines erwachsenen Petromyzon fluviatilis. *a.* Ektoderm. *b.* Cutis. *c.* Membrana Descemeti. *d.* Circulärer Venenplexus. *e.* Grosse sichelförmige Bindegewebszellen am Ansatz des Ligamentum pectinatum. *f.* Ligamentum pectinatum. *g.* Dilatator pupillae. *h.* Sphincter pupillae. *i.* Processus irideus der Pigmentlamelle. *k.* Processus irideus der Retina. *l.* Vorderes Ende der Retina. *m.* Musculus ciliaris. *n.* Chorioidea. *o.* Sklera.

Tafel XIII.

Figur 1. Schnitt durch die Retina einer 75 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. *a.* Chorioidea. *b.* Pigmentlamelle. *c.* Epithelialer Theil der Retina mit den Anlagen der Sehzellen. *d.* Anlagen der tangentialen Fulcrumzellen. *e.* Ganglion retinae und Anlagen der Spongioblasten. *f.* Opticusfasern. *g.* Ganglion nervi optici.

Figur 2. Schnitt durch die Retina einer 95 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. Sämmtliche Buchstaben wie in Figur 1. Bei *g* Auftreten zweier Reihen von Zellen, die obere im jetzt erkennbaren Neurospongium gelegen.

Figur 3. Schnitt durch die Retina einer 105 Mm. langen Larve von Petromyzon Planeri. Alle Buchstaben wie in Figur 1 und 2. Bei *b'*. Fortsätze der Zellen der Pigmentlamelle, bei *c'*. Fortsätze der Sehzellenanlagen.

Figur 4. Schnitt durch die Retina des geschlechtsreifen Petromyzon Planeri. Alle Buchstaben wie in Figur 1. *d.* Schicht der Nervenansätze. *d'*. Schicht der tangentialen Fulcrumzellen.

Figur 5. Ganglienzellen des Ganglion nervi optici von Petromyzon fluviatilis von der Fläche gesehen. *a.* Zellleib. *b.* Protoplasmafortsätze. *c.* Axencylinderfortsatz.

Figur 6. Schnitt durch die Retina von Petromyzon fluviatilis. *a.* Ganglienzelle. *b.* Axencylinderfortsatz. *c.* Protaplasmafortsätze. *d.* Radialfasern. *e.* Neurospongium. *f.* Opticusfasern, schief getroffen, bei *f'*. Uebergang des Axencylinderfortsatzes in eine Opticusfaser. *g.* Spongioblasten.

Figur 7. Schnitt durch die Retina von Perca fluviatilis. Junges Exemplar. *a.* Schicht der Sehzellen mit der Membrana limitans. *b.* Schicht der Nervenansätze. *c.* Schicht der tangentialen Fulcrumzellen. *d.* Schicht des Ganglion retinae. *e.* Schicht der Spongioblasten. *f.* Neurospongium. *g.* Schicht des Ganglion nervi optici. *h.* Opticusfasern und Membrana limitans interna.

Tafel XIV.

Auf den Figuren 1 bis 5 bedeutet:

a. Schicht der Sehzellen.
a'. Membrana limitans externa.
b. Schicht der Nervenansätze.
c. „ des Ganglion retinae.
d. „ der Spongioblasten.
e. „ des Neurospongium.
f. „ „ Ganglion nervi optici.
g. „ „ Nervus opticus.
h. „ „ der Membrana limitans interna.

Figur 1. Schnitt durch die Retina von Salamandra maculata. *α.* Lange, *β.* kurze Sehzellen. *γ.* Empfindlicher Körper. *δ.* Linsenförmiger Körper. *ε.* Kernstück. *ζ.* Fuss. *η.* Ende der äusseren Radialfasern. *ϑ.* Specialfulcrum. *ι.* Zellkörper der Radialfasern. *ϰ.* Nervenzellen des Ganglion retinae mit ihren Fortsätzen. *λ.* Spongioblasten. *μ.* Nervenzellen des Ganglion retinae. *ι'*. Innere Radialfaserenden.

Figur 2. Schnitt durch die Retina von Rana esculenta. *α.* Keulenförmige, *β.* stäbchenförmige, *γ.* zapfenförmige Sehzellen. *δ.* δ^1. δ^2. Aussenglieder. *ε.* Empfindlicher Körper. *ζ.* Kernstück. *η.* Glänzende Kugel. *ϑ.* Fulcrumzellen. *ι.* Rudimente der tangentialen Fulcrumzellen. *ϰ.* Zellkörper der Radialfasern. *λ.* Nervenzellen des Ganglion retinae. *μ.* Spongioblasten. *ν.* Nervenzellen des Ganglion nervi optici. *ο.* Reticuläres Fulcrum. *ϰ'*. Enden der Radialfasern an der Membrana limitans interna.

Figur 3. Schnitt durch die Retina von Columba livia. *α.* Zapfenförmige, *β.* stäbchenförmige Sehzellen. *γ.* Kernstück. *δ.* Empfindlicher Körper. *ε.* Glänzende Kugel. *ζ.* Rudiment der tangentialen Fulcrumzellen. *η.* Zellkörper der Radialfasern. *ϑ.* Spongioblasten. *ι.* Nervenzellen des Ganglion nervi optici. *ϰ.* Axencylinder des Nervus opticus. *λ.* Reticuläres Fulcrum.

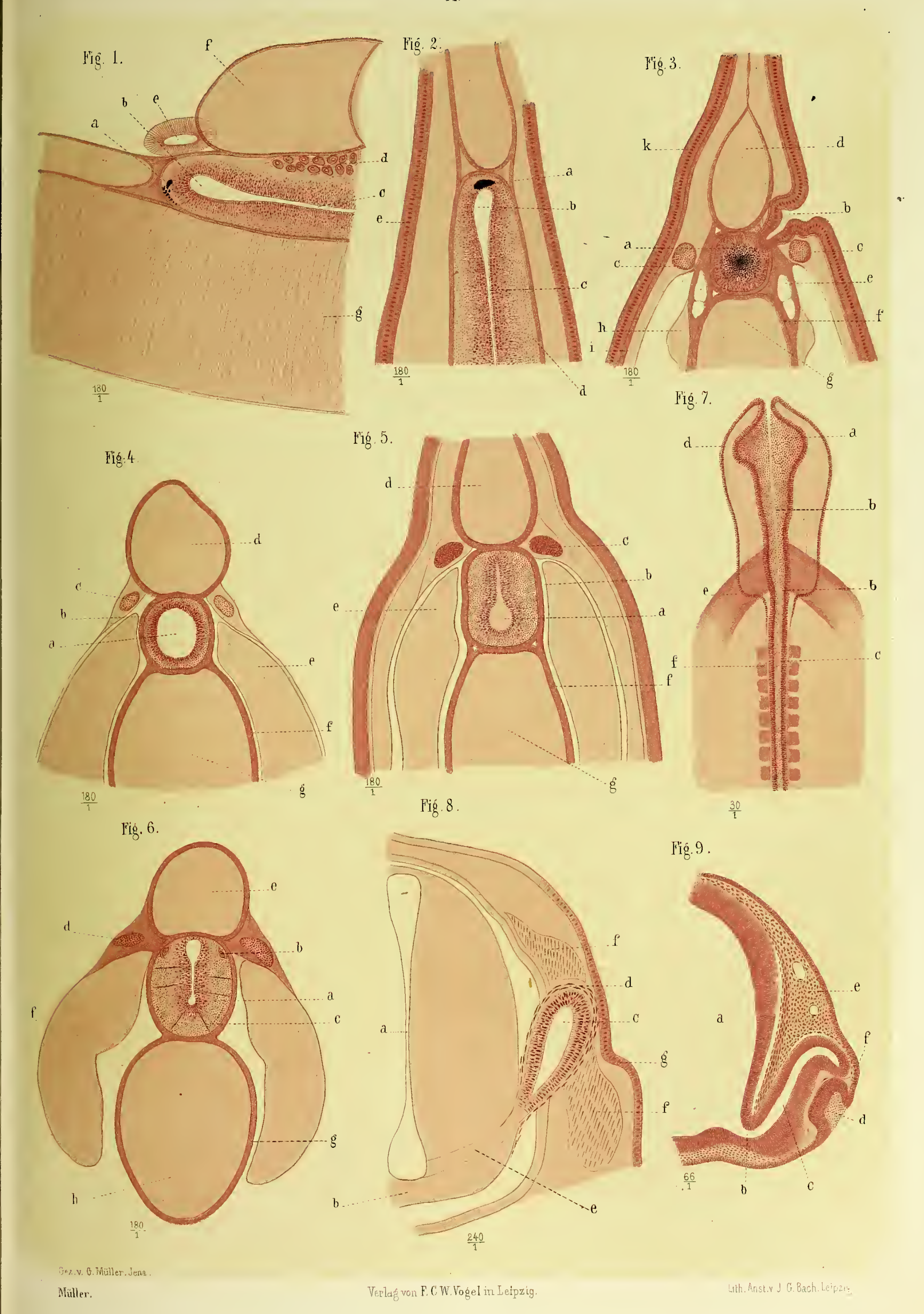
Figur 4. Schnitt durch die Retina einer 42jährigen Frau. Nur Stäbchen sind in der Schicht der Sehzellen dargestellt. α. Empfindlicher Körper. β: Kernstücke. γ. Reticuläres Fulcrum (Henle's äussere Faserschicht und Sehzellenfüsse). δ. Zellkörper der Radialfasern. ε. Spongioblasten. ζ. Nervenzellen des Ganglion nervi optici.

Figur 5. Schnitt durch die Retina von Lampetra marina. α. Lange, β. kurze Sehzellen. γ. Aussenglied. δ. Empfindlicher Körper. ε. Kernstücke. ζ. Specialfulcrum. η. Kleine Zellen in der Schicht der Nervenansätze. ϑ. Obere Lage der tangentialen Fulcrumzellen. ι. Zellenausläufer zwischen beiden Lagen. ϰ. Untere Lage der tangentialen Fulcrumzellen. λ. Zellkörper der Radialfasern. μ. Nervenzellen des Ganglion retinae. ν. Spongioblasten.

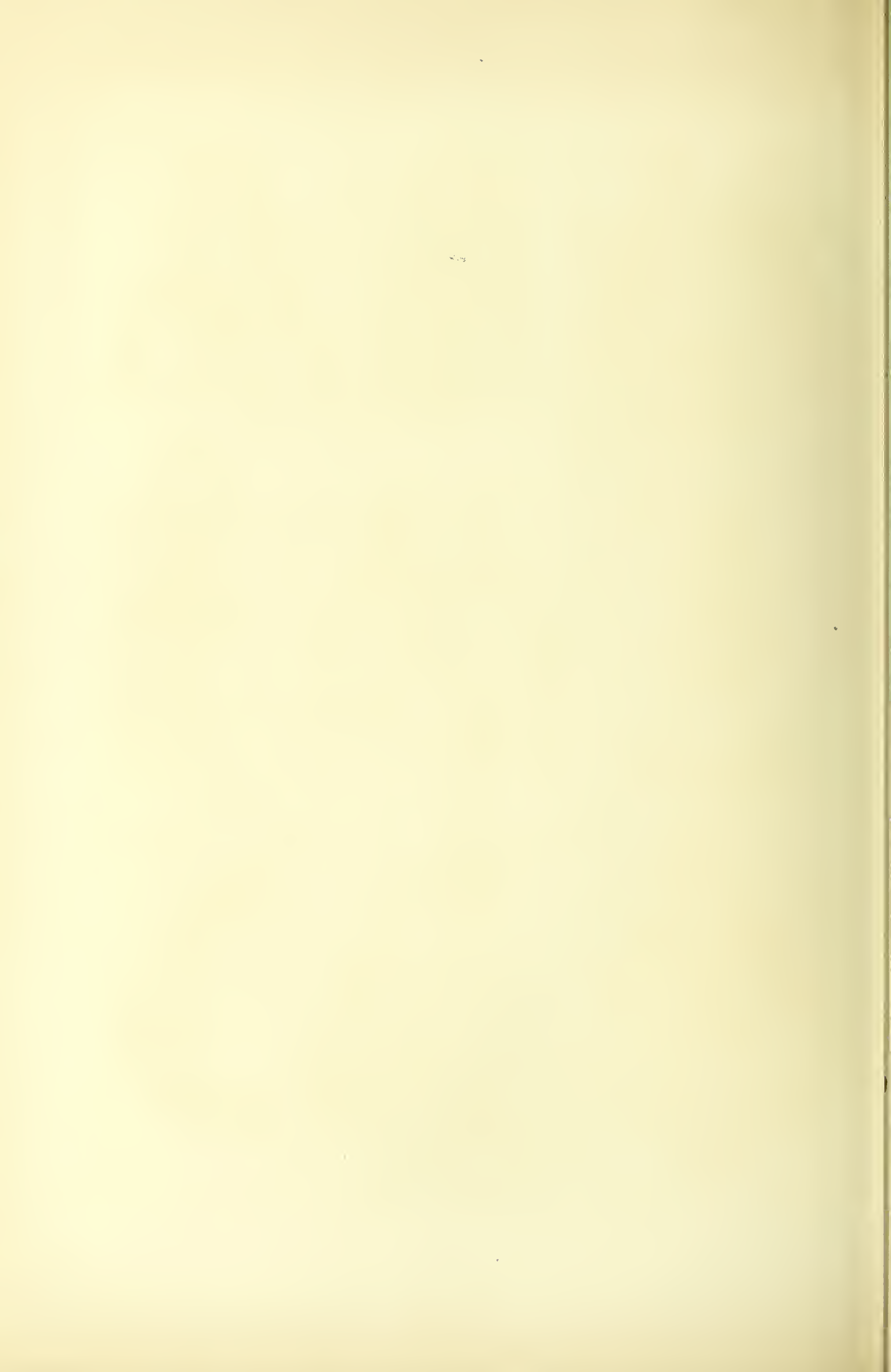
Figur 6. Sehzellen und Nervenansätze von Platydactylus Theconyx. a. Breite, b. schmale Sehzellen. α. Aussenglied mit reihenweise stehenden Grübchen und Erhöhungen. β. Pigmentscheide. γ. Ansatz des Aussengliedes. δ. Empfindlicher Körper. ε. Linsenförmiger Körper. ζ. Kernstück. η. Nervenfaser. ι. Membrana limitans externa. ϰ. Radialfaser. λ. Nervenzelle des Ganglion retinae mit Fortsatz.

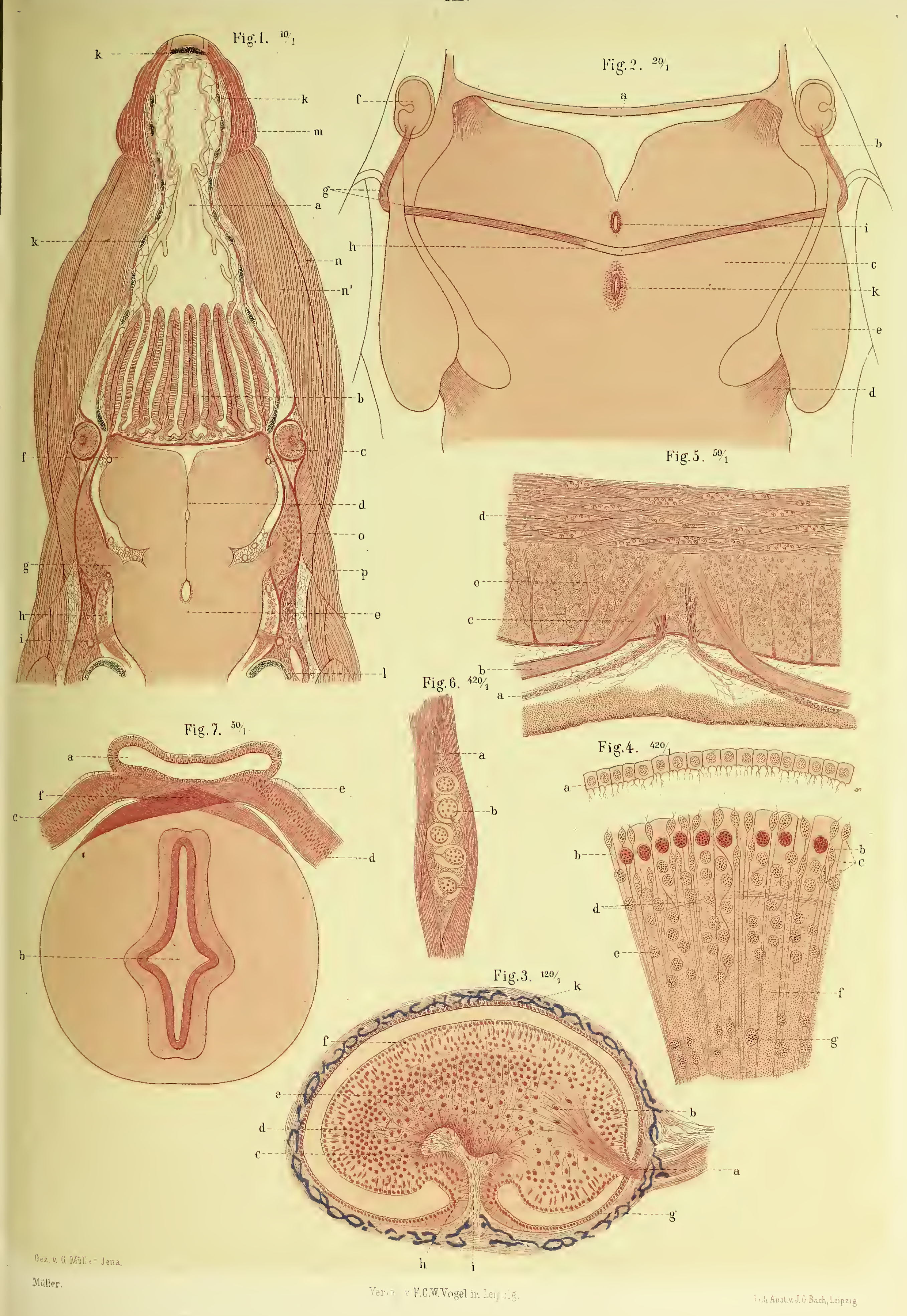
Figur 7. Cuticularhülle des Kernstückes einer breiten Sehzelle von Platydactylus Theconyx.

DRUCK VON J. B HIRSCHFELD IN LEIPZIG.



Gez. v. G. Müller. Jena.
Müller.
Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.
Lith. Anst. v. J. G. Bach. Leipzig.





Gez. v. G. Müller Jena.

Müller.

Verl. v. F.C.W. Vogel in Leipzig.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

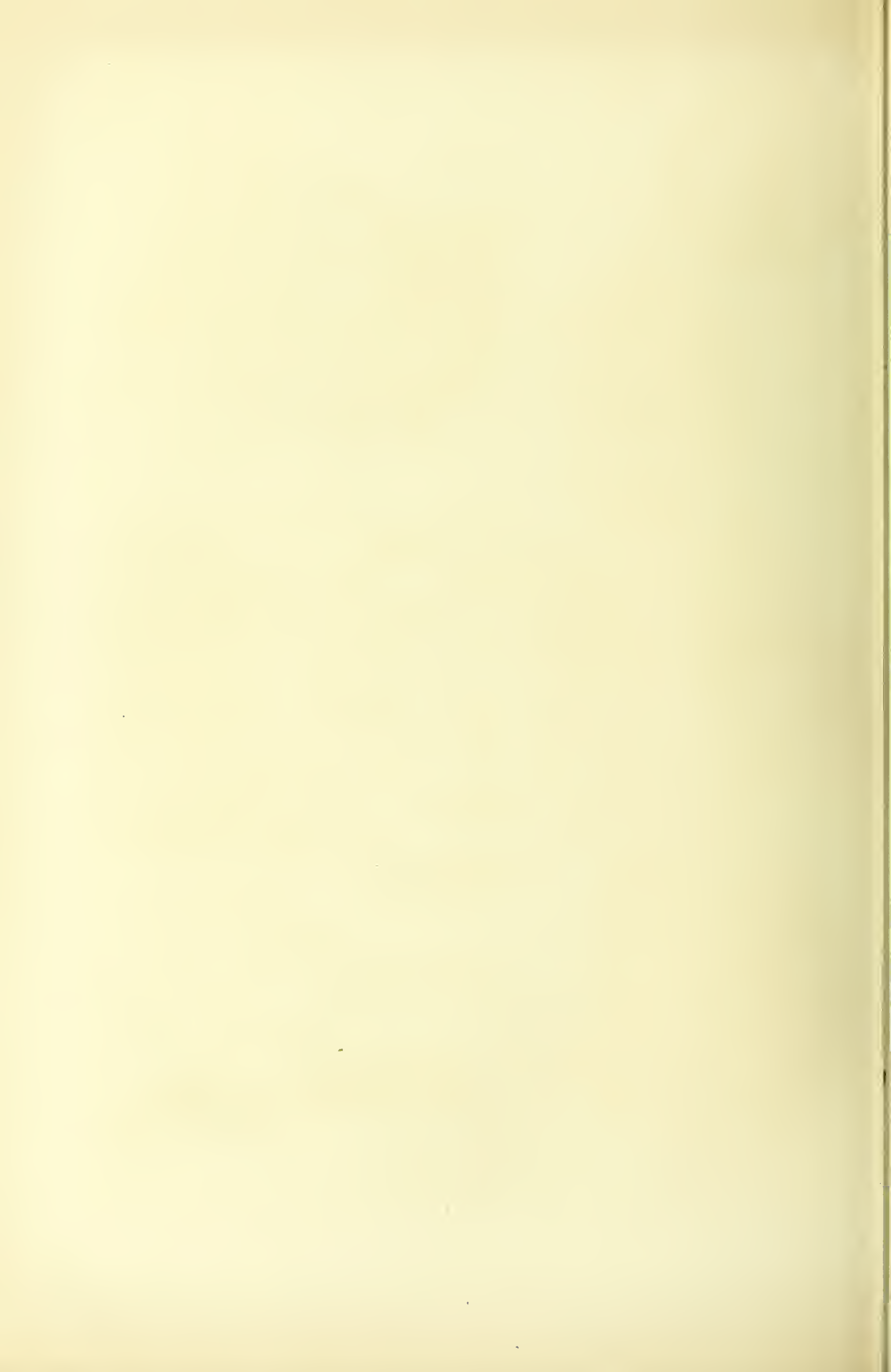


Fig. 1. $\frac{420}{1}$

Fig. 2. $\frac{120}{1}$

Fig. 3. $\frac{240}{1}$

Fig. 5. $\frac{120}{1}$

Fig. 6. $\frac{100}{1}$

Fig. 4. $\frac{240}{1}$

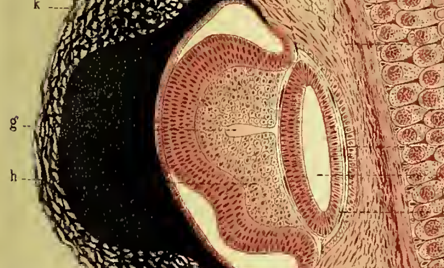
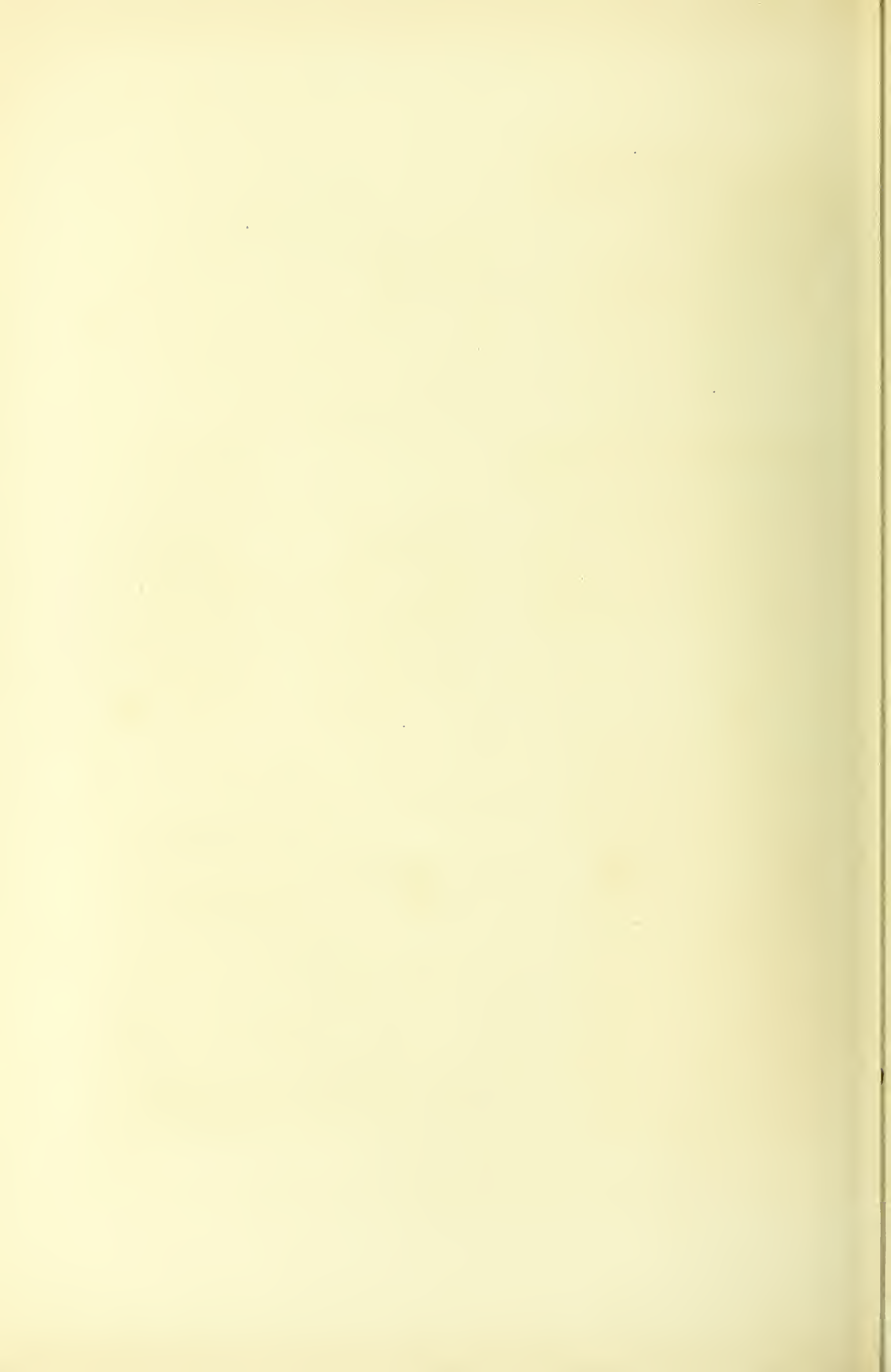
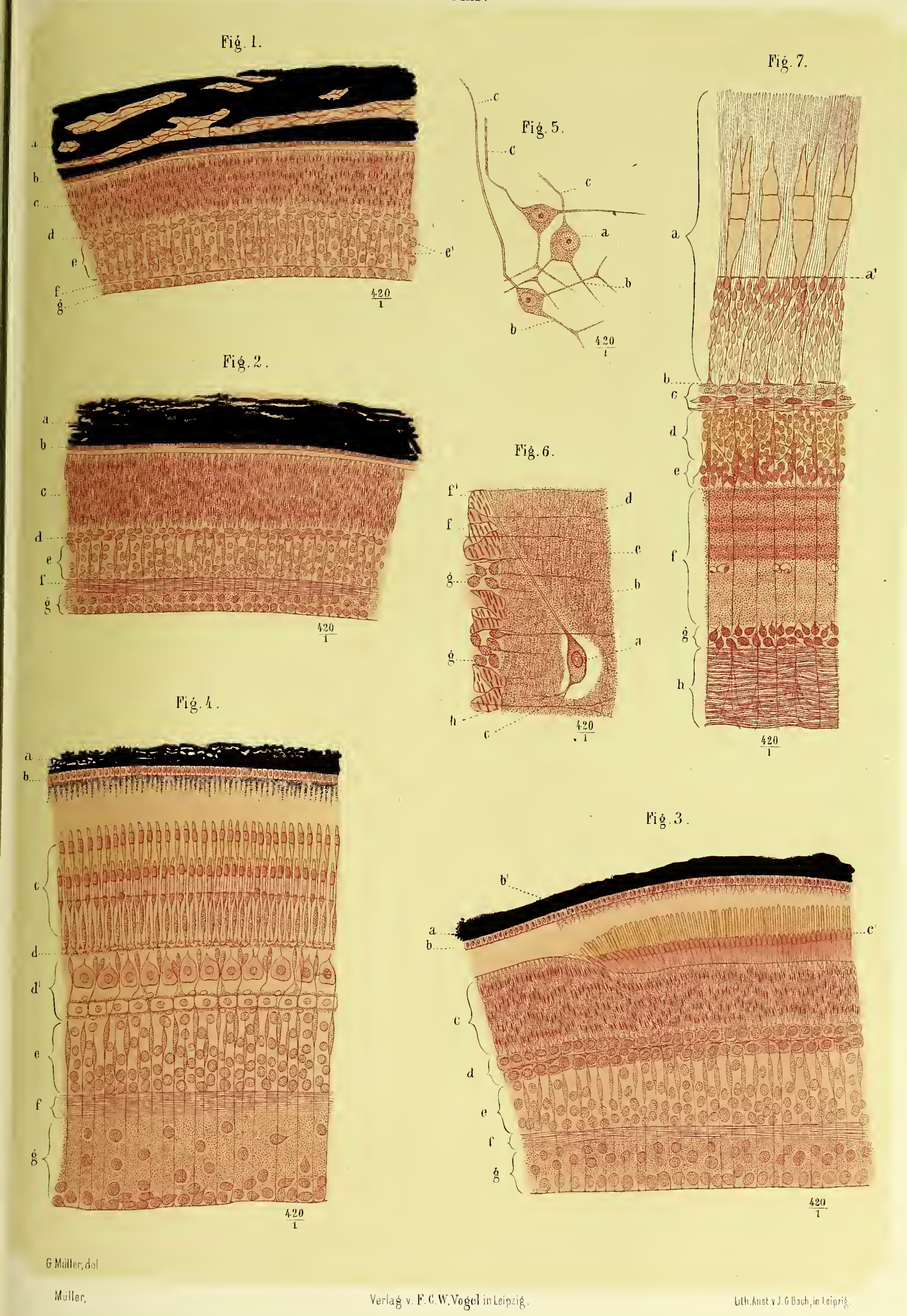


Fig. 7. $\frac{66}{1}$

G. Müller, del.

Müller. Verlag v. F. C. W. Vogel in Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.





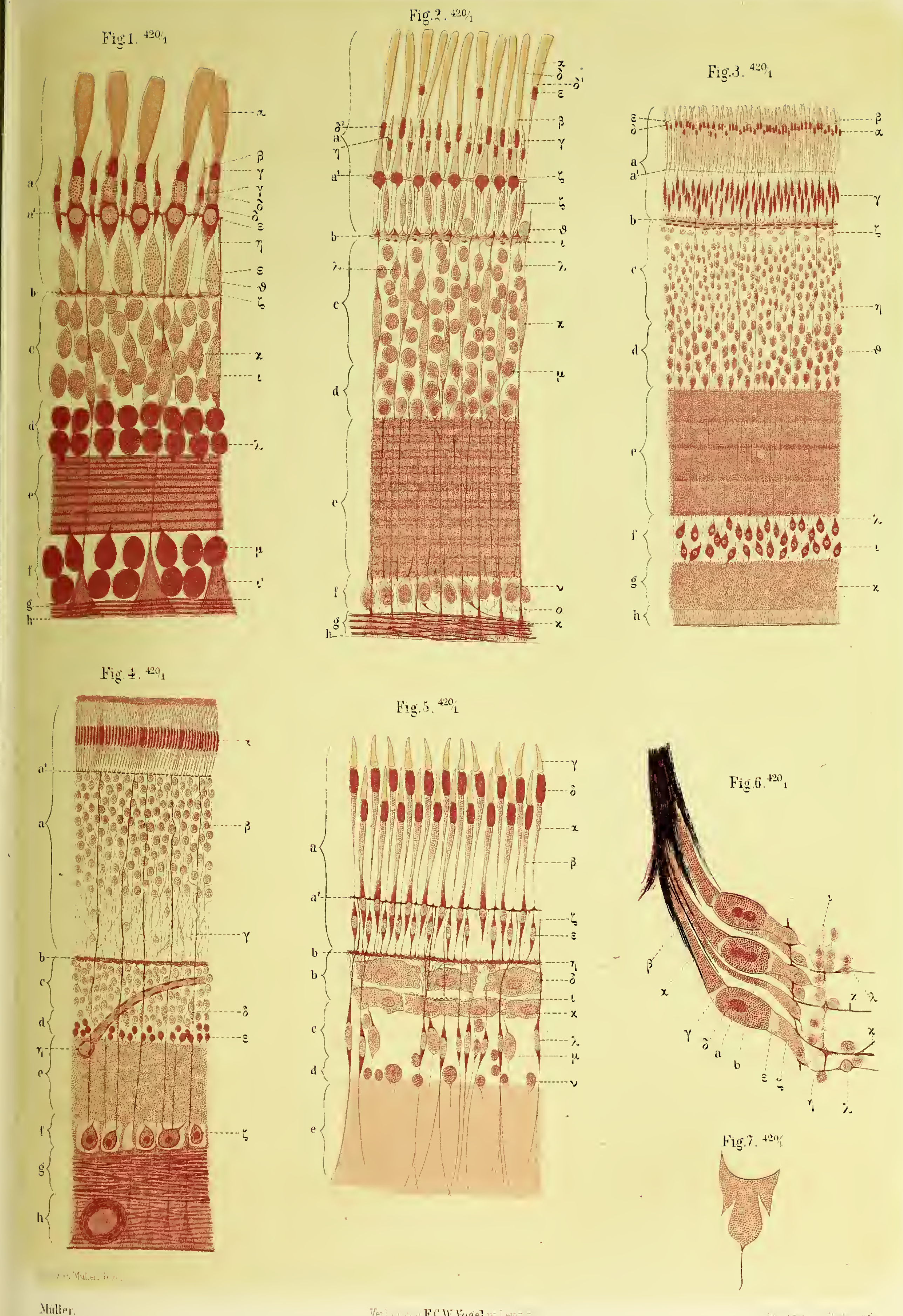
G. Müller, del.

Müller,

Verlag v. F. C. W. Vogel in Leipzig.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, in Leipzig.





Müller.

Verlag von F.C.W. Vogel in Leipzig.

